

**JOÃO PAULO BUENO DO PRADO**

**APLICAÇÃO DA VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D  
NA FASE DE PLANEJAMENTO DO LEVANTAMENTO DE SOLOS:  
UMA ABORDAGEM À COGNIÇÃO ESPACIAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
à obtenção do título de mestre em Ciências  
Geodésicas, Setor de Ciências da Terra,  
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Professora Dra. Claudia Robbi  
Sluter

Co-Orientadora: Professora Dra. Luciene  
Stamato Delazari

**CURITIBA  
2007**

**“APLICAÇÃO DA VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D NA FASE DE  
PLANEJAMENTO DO LEVANTAMENTO DE SOLOS: UMA  
ABORDAGEM À COGNIÇÃO ESPACIAL”**

**POR**

**JOÃO PAULO BUENO DO PRADO**

Dissertação nº 211 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre  
no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade  
Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

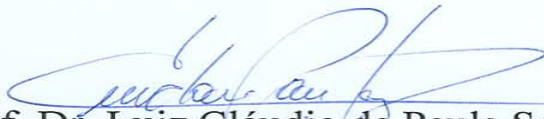
Curitiba, 30 de julho de 2007.



Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luciene Stamato Delazari (UFPR) – Co-Orientadora e  
Presidente



Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Denise de Camargo - Membro (UNIBRASIL)



Prof. Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza – Membro (UFPR)

*“O que ninguém nunca viu nem ouviu,  
e o que jamais alguém pensou que podia acontecer,  
foi isso o que DEUS preparou para aqueles que  
o amam.”*  
(I COR 2:9)

*Dedico este trabalho a meus pais  
João Bueno do Prado e  
Vera Lúcia Rossi do Prado.*

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS pela vida e por todas as graças recebidas durante a realização do Mestrado.

A minha família pelo incentivo e pela força.

À Mara Rubia Silva por estar ao meu lado em todos os momentos.

À professora Dra. Claudia Robbi Sluter pela orientação e à professora Dra. Luciene Stamato Delazari pela co-orientação.

Aos professores Dr. Helio Olympio da Rocha e Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza pela colaboração.

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG), Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos dezessete meses de bolsa.

À Coordenação do CPGCG, professora Dra. Cláudia Pereira Krueger e ao professor Dr. Jorge A. S. Centeno.

Aos professores do CPGCG pela transmissão de conhecimento. À secretária do CPGCG Verali Mônica Kleuser pela assistência.

A todos os Colegas do CPGCG, em especial: Fernando, Ana Maria, Leonardo, Sandro, Reginaldo, Claudionor e Everli.

Aos amigos Rafael, Fábio, Julho, Sandra, e Elisabethy pela acolhida em Curitiba.

À Itaipu Binacional por possibilitar o cumprimento do calendário acadêmico.

## RESUMO

Nesta pesquisa foi investigado o processo de aquisição de conhecimento espacial pelos seres humanos a partir de mapas, o qual envolve o processamento de informações no cérebro. A abordagem adotada busca o entendimento do processamento de informação em alto nível, considerando as estruturas do conhecimento (cognição). Aplicou-se a teoria de visualização cartográfica e as diretrizes de projeto cartográfico para auxiliar os cientistas de solo a tomar decisões quanto às unidades de mapeamento e à seleção de pontos de amostragem, na fase de planejamento do levantamento de solos. No estudo foi realizado um experimento com cientistas de solos, com o qual se procurou avaliar qual o tipo de representação cartográfica, em duas ou em três dimensões, apresenta melhor desempenho quanto à aquisição de conhecimento espacial. Os resultados indicam que as representações tridimensionais são mais efetivas, pois elas permitiram a visualização da variação de fenômenos espaciais sobre o relevo, sem que o cientista de solo tivesse que imaginar a tridimensionalidade do terreno a partir das curvas de nível. O raciocínio “economizado” nesta etapa pôde ser aplicado na identificação de padrões e relacionamentos de variáveis espaciais, o que auxiliou na aquisição de conhecimento. Esse fato é o que explica os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Visualização Cartográfica, Cognição Espacial, Estruturas do Conhecimento e Levantamento de solos.

## **ABSTRACT**

In this research was studied spatial knowledge acquisition for humans by maps, that involves the information process on the brain. The approach adopted attempts to understand information processing at higher levels, considering the knowledge structures (cognition). The cartographic visualization and cartographic project theories were apply to aid the soil scientists in the decision-making about mapping units and selection of the sample points, in the phase of soils survey planning. In this study an experiment was dove with soil scientists, which objective was to evaluate what cartographic representations, 2D or 3D, are more efficient in spatial knowledge acquisition. The results indicate that the 3D representations are more effective. These representations allowed the subjects to visualize the variation of spatial phenomenon on the relief. The soil scientists did not need to imagine the relief from 2D contour map. The “economized” reasoning in this stage was applied in the patterns and links recognition of spatial variables, that aided the knowledge acquisition. This fact explains the results.

**Key words:** Cartographic Visualization, Spatial Cognition, Knowledge Structures and Soils Survey.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - USOS DOS MAPAS NA VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA_____	18
FIGURA 2 - (CARTOGRAFIA) <sup>3</sup> - UMA REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO DE USO DO MAPA_____	19
FIGURA 3 - MODELO DE APLICAÇÃO DO ESQUEMA GRÁFICO ELABORADO POR PINKER_____	40
FIGURA 4 - MODELO DE IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES PARA VISUALIZAÇÃO BASEADA EM MAPAS_____	45
FIGURA 5 - UNIDADES BÁSICAS DE REFERÊNCIA: PEDON E POLIPEDONS_____	54
FIGURA 6 - CONCEPÇÃO DE CLASSES DE SOLOS E UNIDADES DE MAPEAMENTO SEGUNDO O PRINCÍPIO DE AGREGAÇÃO_____	56
FIGURA 7 - ORGANIZAÇÃO DA METODOLOGIA_____	59
FIGURA 8 - INTERFACE DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO X3D-EDIT_____	62
FIGURA 9 - INTERFACE DO <i>FLUX PLAYER</i> _____	63
FIGURA 10 - ORGANIZAÇÃO DOS DADOS CARTOGRÁFICOS NO AMBIENTE SPRING_____	65
FIGURA 11 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA GERAR AS REPRESENTAÇÕES 3D_____	68
FIGURA 12 - RELACIONAMENTO ENTRE AS VARIÁVEIS TEMPO DE RENDERIZAÇÃO, PONTOS POR HECTARE E TAMANHO DE ARQUIVO_____	71
FIGURA 13 - INTERFACE DO APLICATIVO CODIFICADO EM HTML_____	72
FIGURA 14 - ESTRUTURA E RELACIONAMENTO DAS PÁGINAS QUE COMPÕEM O APLICATIVO_____	73
FIGURA 15 - <i>LAYOUT</i> ADOTADO PARA AS PÁGINAS COM REPRESENTAÇÃO 3D_____	74
FIGURA 16 - ESQUEMA DE CONHECIMENTO GERAL PARA SOLOS_____	84

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CORRELAÇÃO ENTRE TEMPO GASTO E EXPERIÊNCIA_____	89
GRÁFICO 2 - CORRELAÇÃO ENTRE AS DENOMINAÇÕES DE CLASSES DE SOLOS E AS SUBDIVISÕES DOS LIMITES GENERALIZADOS DE SOLOS_____	95
GRÁFICO 3 - RESULTADOS DA ETAPA IV DO EXPERIMENTO POR SUJEITO: ACERTOS_____	96
GRÁFICO 4 - RESULTADOS DA ETAPA IV DO EXPERIMENTO POR SUJEITO: ERROS_____	97
GRÁFICO 5 - CORRELAÇÃO ENTRE ACERTOS COMPLETOS VERIFICADOS NA TAREFA 2 DA ETAPA IV E LIMITES DE SOLOS DELIMITADOS NA ETAPA III_____	98
GRÁFICO 6 - CORRELAÇÃO ENTRE ACERTOS COMPLETOS VERIFICADOS NA TAREFA 2 DA ETAPA IV E SUBDIVISÕES DE CLASSES DE SOLOS REALIZADAS NA TAREFA 1 DA ETAPA IV_____	98

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - <i>SOFTWARES</i> E CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE AUTORAL _____	64
QUADRO 2 - DISTRIBUIÇÃO DA DECLIVIDADE NA FAZENDA CANGUIRI - INTERVALOS EMBRAPA_____	70
QUADRO 3 - INTERVALOS UTILIZADOS NA ANÁLISE DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO__	79
QUADRO 4 - FORMAÇÃO DOS PESQUISADORES COLABORADORES_____	81
QUADRO 5 - VARIÁVEIS ESPACIAIS RELACIONADAS AO CONCEITO SOLO_____	83
QUADRO 6 - REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS UTILIZADAS NA CIÊNCIA DO SOLO__	86
QUADRO 7 - TEMPO GASTO E EXPERIÊNCIA DOS SUJEITOS_____	87
QUADRO 8 - PERFIS DEMARCADOS, REGIÕES DELIMITADAS E CLASSES IDENTIFICADAS__	90
QUADRO 9 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO COM RESPEITO AO NÚMERO DE CLASSES DE SOLOS IDENTIFICADAS_____	92
QUADRO 10 - SUBDIVISÕES DOS LIMITES E DENOMINAÇÕES DE CLASSES DE SOLOS _____	94
QUADRO 11 - CRITÉRIOS UTILIZADOS PELOS SUJEITOS NO CUMPRIMENTO DAS TAREFAS_	99



## SUMÁRIO

<b>1-INTRODUÇÃO</b>	11
1.1-JUSTIFICATIVA	14
1.2-OBJETIVO GERAL	16
1.2.1-Objetivos específicos	16
1.3-ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	16
<b>2-VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA</b>	17
<b>3-COGNIÇÃO ESPACIAL</b>	25
3.1-CATEGORIZAÇÃO MENTAL	27
3.2-REPRESENTAÇÕES DO CONHECIMENTO	34
3.3-ESQUEMAS DE CONHECIMENTO	37
3.4-CATEGORIZAÇÃO MENTAL, REPRESENTAÇÕES E ESQUEMAS DE CONHECIMENTO APLICADOS À VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	44
<b>4-SOLOS</b>	48
4.1-LEVANTAMENTO DE SOLOS	49
4.1.1-Unidades básicas de referência e fases de unidades de mapeamento	52
4.1.2-Métodos de prospecção, densidade de observações e frequência de amostragem	57
4.1.3-Bases de referência	58
<b>5-METODOLOGIA</b>	59
5.1-RECURSOS UTILIZADOS	60
5.2-TRATAMENTO DOS DADOS ESPACIAIS	65
5.3-PROJETO E CONSTRUÇÃO DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS EM DUAS E EM TRÊS DIMENSÕES	67
5.4-DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS	72
5.5-AVALIAÇÃO DO USO DE REPRESENTAÇÕES BI E TRIDIMENSIONAIS	74
5.6-ANÁLISE DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO	78
<b>6-RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	80
6.1-CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS PARTICIPANTES DO EXPERIMENTO	80
6.2-IDENTIFICAÇÃO DO ESQUEMA DE CONHECIMENTO GERAL PARA SOLOS	82
6.3-VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA 2D X 3D	87

6.4-AVALIAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS E DA FERRAMENTA	100
<b>7-CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	102
<b>REFERÊNCIAS</b>	107
<b>APÊNDICES</b>	111
APÊNDICE A - Representações bidimensionais	111
APÊNDICE B - Código fonte do programa MDT_X3D.m	121
APÊNDICE C - Exemplo de código de uma representação 3D	123
APÊNDICE D - Representações tridimensionais	125
APÊNDICE E - Código fonte da página HTML da etapa III do aplicativo	130
APÊNDICE F - Questionário aplicado na etapa I do experimento	132
APÊNDICE G - Etapa II do experimento: Caracterização Física da Fazenda Canguiri	133
APÊNDICE H - Mapa de solos da Fazenda Canguiri	136
APÊNDICE I - Legenda de solos utilizada na etapa IV	138
APÊNDICE J - Mapa com limites de solos generalizados	139
APÊNDICE K - Transcrição das entrevistas com os sujeitos	141
APÊNDICE L - Etapa III: Mapas das respostas dos sujeitos	152
APÊNDICE M - Etapa IV: Mapas das respostas dos sujeitos	165

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia computacional tem ampliado o conjunto de técnicas utilizadas na criação de representações cartográficas. Todavia, o emprego destas possibilidades tecnológicas na Cartografia não foi e não está sendo pesquisado quanto às conseqüências para a aquisição de conhecimento espacial. Entre as técnicas anteriormente citadas, com aplicação na Cartografia, cita-se: a multimídia, ferramentas de interação e a realidade virtual. Existem evidências que o emprego deste novo aparato tecnológico apresenta resultados satisfatórios, como as apresentadas por Rasmusundaram et al. (2005) e Zhu e Chen (2005). Sabe-se que a utilização da visualização científica em Cartografia possibilita a aquisição de conhecimentos espaciais não obtidos por métodos convencionais de representação. Entretanto, como realmente ocorre o processamento de informações no cérebro humano ainda é uma incógnita.

Entender como ocorre o processamento de informações, instigado por estímulos visuais, é de fundamental importância para o cartógrafo e para os usuários de representações cartográficas. Para o cartógrafo esse entendimento permite que se possa criar mapas efetivos, visando à aquisição de conhecimentos espaciais. Para os usuários, as representações criadas pelo cartógrafo possibilitam a obtenção de conhecimentos espaciais, os quais são necessários em suas tomadas de decisões.

Nesta pesquisa foi considerado o processo de aquisição de conhecimento espacial pelos seres humanos a partir de mapas, o qual envolve o processamento de informações no cérebro. Segundo MacEachren (1995) para o estudo do processo humano de aquisição de conhecimento existem três abordagens possíveis. A primeira abordagem está baseada, principalmente, nos avanços neurofisiológicos da década de 1980; a segunda abordagem tem sustentação em trabalhos de psicólogos gestálticos; e a terceira abordagem busca o entendimento do processamento de informação em alto nível, considerando as estruturas do conhecimento (cognição). Esta última abordagem foi adotada neste trabalho.

A aplicação desta pesquisa foi direcionada à Ciência do Solo, cujos resultados permitiram caracterizar como os cientistas de solo tomam decisão sobre solos e seus limites. Discutiu-se a utilização de representações em duas e em três dimensões e buscou-se entender como estas representações podem auxiliar na tomada de decisão.

A Ciência do Solo engloba pesquisas que visam o conhecimento científico do solo. Esse conhecimento é fundamental, uma vez que o entendimento das propriedades desse corpo permite o seu enquadramento em um sistema taxonômico, o que é importante para a adoção de estratégias conservacionistas. Um problema para o estudo científico do solo são as dificuldades em se fazer a coleta de dados. Pois, ele é um recurso natural que varia no espaço de acordo com variáveis como: a geomorfologia, o clima, o nível do lençol freático e a geologia. Decorrente dessa característica do solo, em um levantamento, a amostragem de pontos espaciais deve ser estrategicamente localizada e em algumas situações densamente distribuída, o que nem sempre é possível, principalmente devido aos custos da coleta e análise dos dados.

Para a determinação desses pontos amostrais, os cientistas utilizam seus conhecimentos sobre propriedades físicas do ambiente. Nessa tarefa, além do conhecimento científico, são aplicados os sentidos perceptivos, principalmente a visão. Logo, a definição da amostragem espacial está sujeita às habilidades individuais, o que pode levar a resultados indesejáveis ao produto cartográfico gerado. Conseqüentemente, existem problemas relacionados à determinação das classes de solos e das unidades de mapeamento.

Segundo relatos de cientistas de solo da Universidade Federal do Paraná é muito difícil que dois pedólogos, analisando as variáveis físicas de uma área, consigam chegar aos mesmos resultados. Isso se deve, em parte, ao trabalho desse profissional em campo, no qual se exige visão e tato acurados, ou seja, pelo menos dois sentidos do sistema sensorial, os quais são diferentes de indivíduo para indivíduo.

Uma característica da Ciência do Solo é o emprego da Cartografia bidimensional, cuja simbologia foi definida há alguns anos. Em um levantamento de solo a Cartografia é uma ferramenta útil aos cientistas para a tomada de decisão. Sistemáticamente é possível distinguir duas fases em que ela é decisiva: a primeira está relacionada à investigação inicial, uma etapa de inventário, quando é analisada

uma série de representações de características físicas da área onde se está realizando o levantamento. A segunda diz respeito à confecção do mapa de solos.

Nesta pesquisa foi enfatizada a primeira fase, ou seja, aquela em que o cientista de solo utiliza representações de características físicas, tais como: litologia, geomorfologia, clima e declividade, para apresentar um esboço inicial das unidades de mapeamento de solos e determinar os pontos de coleta de dados. Os pontos indicam locais onde serão necessárias observações *in loco* para confirmar as hipóteses preliminares sobre os limites de solos.

Nesse estudo foi realizado um experimento, no qual foram utilizadas representações cartográficas em duas e em três dimensões, com grupos de sujeitos distintos. Através do experimento buscou-se entender como os estímulos visuais, gerados por cada tipo de representação, afetaram a tomada de decisão dos sujeitos. Para avaliar os resultados foram utilizadas as teorias sobre cognição espacial, considerando principalmente: a estrutura de conhecimento, os esquemas de conhecimento e o processo de categorização mental.

Com base na contextualização apresentada, pode-se estabelecer o problema de pesquisa em como a visualização de representações cartográficas bi e tridimensionais pode estimular a aquisição de conhecimento espacial pelos cientistas de solo.

Como hipótese deste trabalho afirma-se que ambas as representações são estímulos visuais e quando construídas seguindo os estudos conduzidos sobre projeto cartográfico e a teoria de visualização cartográfica, podem estimular o processo de aquisição de conhecimento espacial. Além disso, afirma-se que as representações tridimensionais são mais efetivas que as bidimensionais. Pois, representações tridimensionais desoneram o cérebro humano de criar imagens mentais do relevo a partir da representação bidimensional por curvas de nível. Como consequência, o sujeito que manipula esse tipo de representação pode concentrar-se, com menos esforço cognitivo, no cruzamento das variáveis representadas, no reconhecimento de padrões e relacionamentos e na proposição de agrupamentos do fenômeno estudado.

Na Ciência do Solo as representações tridimensionais contribuem significativamente para a tomada de decisão na fase de planejamento do levantamento de solos, pois a variação das características do solo está intimamente relacionada à

variação do relevo. Uma vez que a variação do segundo seja visualizada, entender a distribuição do primeiro torna-se uma tarefa menos árdua.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento tecnológico permitiu “aproximar” as representações de feições espaciais à realidade. Nesse contexto, a Cartografia 3D - ou também conhecida como 2 1/2 D, pois consiste na representação de superfícies de volumes - tornou-se uma necessidade para os usuários de dados espaciais. Porém, não se verificam estudos para avaliar a efetividade destas representações. Existem algumas pesquisas, principalmente nos Estados Unidos, as quais ainda são incipientes para que se formulem regras e se consolide uma teoria a partir do conhecimento sobre esse tipo de representação.

Tendo em vista o aumento da aplicação de representações cartográficas em superfícies, nas mais diversas áreas de atuação, nesta pesquisa procurou-se investigar a contribuição destas para a aquisição de conhecimento espacial. Isto porque se defende que uma vez entendidas as situações em que estas representações são efetivas para a tomada de decisão, o cartógrafo terá conhecimento para usar essa tecnologia em seus projetos cartográficos.

Os profissionais ligados à Ciência do Solo manipulam diversas informações de fenômenos espaciais, tais como: geologia, geomorfologia, climatologia, vegetação natural e declividade. Estas informações são utilizadas, principalmente, na fase de planejamento do levantamento de solo e, também, na fase de elaboração do mapa de solo. Este tipo de dado espacial apresenta variações de suas propriedades correlacionadas à variação do relevo, fato que leva a acreditar que a representação dessas variáveis, sobre um modelo digital do terreno (MDT), ou seja, em três dimensões, aumenta as possibilidades de entendimento de relacionamentos e padrões espaciais.

Na Ciência do Solo a definição de uma simples unidade básica de referência envolve um grande esforço cognitivo por parte do cientista de solo, pois é necessário o processamento de muitas variáveis espaciais. Neste processamento o cientista de solo

não tem informações espaciais sobre propriedades dos solos e, como agravante, deve processar informações que foram coletadas em pontos discretos, juntamente com dados que são contínuos no espaço, o que requer esforço mental para realizar cruzamentos entre as variáveis e o entendimento de relações entre elas.

Inconsistências sobre a tomada de decisão quanto às classes de solos e quanto às unidades de mapeamento são comuns, as quais, em grande parte, podem estar relacionadas ao processamento das informações necessárias para o esboço de um resultado. Esta fase é “dependente” das habilidades individuais do cientista de solo, conseqüentemente, apresenta subjetividade.

Para a Ciência do Solo, os resultados dessa pesquisa contribuíram quanto à introdução da teoria de visualização cartográfica e das diretrizes de projeto cartográfico, os quais, aliados à possibilidade de representação de dados espaciais em três dimensões, podem auxiliar o cientista de solo na aquisição de conhecimento espacial. Ainda para a Ciência do Solo, a pesquisa pode contribuir no nível metodológico, pois, através desta teve-se exemplos de como utilizar técnicas para a geração de representações cartográficas de variáveis espaciais relacionadas ao solo.

Para a Cartografia esta pesquisa apresenta indicativos de como utilizar novas metodologias para a representação de dados espaciais, visando à elaboração de representações cartográficas efetivas quanto à aquisição de conhecimento espacial. Ela aponta possibilidades de utilização dos tipos de conhecimentos e dos esquemas de conhecimentos na elaboração de mapas que estimulem o processamento cognitivo humano.

Para a Cartografia e para a Ciência do Solo, o fato de fazer uso de novos métodos e possibilidades de criação de representações cartográficas em ambientes que permitem o desenvolvimento de aplicativos em conformidade com as necessidades vigentes, implica no aumento das possibilidades metodológicas a serem consideradas na elaboração de representações.

## **1.2 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desta pesquisa é entender como representações cartográficas bi e tridimensionais, construídas com base na teoria de visualização cartográfica e em estudos conduzidos sobre projeto cartográfico, podem estimular o processo de aquisição de conhecimento espacial por cientistas de solo.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- (1) Avaliar e tratar os dados espaciais a serem utilizados no experimento;
- (2) Investigar as características dos sujeitos da pesquisa;
- (3) Projetar e construir representações cartográficas em duas e em três dimensões;
- (4) Desenvolver um aplicativo para a visualização de informações cartográficas; e
- (5) Avaliar como o uso de representações bi e tridimensionais podem estimular a construção de conhecimentos espaciais por cientistas de solo.

## **1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Essa dissertação está estruturada em nove capítulos. A introdução, justificativa, objetivos e estrutura da dissertação estão no capítulo 1. A revisão de literatura abrange os capítulos 2; 3 e 4, sendo que no capítulo 2 é abordado o objeto de estudo (visualização cartográfica), enfatizando os aspectos teóricos que o envolvem e os impactos que os avanços tecnológicos causaram sobre a Cartografia, com destaque para a necessidade de pesquisa em cognição espacial. No capítulo 3 é apresentada uma discussão sobre cognição espacial e no capítulo 4 é introduzido o conhecimento teórico sobre solos e levantamento de solos. A metodologia é descrita no capítulo 5, os resultados são apresentados e discutidos no capítulo 6, as considerações finais são transcritas no capítulo 7 e as referências ordenadas no capítulo 8. No capítulo 9 estão todos os documentos e textos produzidos ao longo desta pesquisa, os quais, pela sua natureza, foram denominados apêndices.



## 2 VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

O desenvolvimento científico e tecnológico, ocorrido principalmente nas últimas duas décadas do século XX, causou grande impacto sobre a Cartografia. Foram desenvolvidas novas metodologias de coleta de dados geoespaciais e novos métodos de representação o que contribuiu para ampliar as necessidades de análises espaciais. Conseqüentemente, as exigências dos usuários também aumentaram, a estes não basta uma simples representação cartográfica estática e bidimensional. Para análises espaciais passou a ser necessária a utilização de ambientes dinâmicos, onde a interação é fundamental.

Em decorrência dessas mudanças, o conceito de visualização foi incorporado à Cartografia. Para MacEachren et al. (1992)<sup>1</sup> citados por DiBiasi et al. (1992), visualização pode ser considerada uma ação de cognição, uma habilidade humana de desenvolver representações mentais que permite identificar padrões e criar ordens.

Na Ciência da Computação o conceito de visualização, aliado às técnicas de computação gráfica e estudos de psicologia cognitiva, deu origem ao termo visualização científica. O qual pode ser definido, segundo Earnshaw e Wiseman (1992), como um amálgama de ferramentas e técnicas que busca promover novas dimensões de discernimento para soluções de problemas utilizando a tecnologia atual.

Na Cartografia o termo visualização cartográfica, também conhecido como visualização geográfica ou geovisualização, teve sua origem decorrente da visualização científica. Visualização cartográfica, segundo MacEachren (1999), pode ser definida como um campo interdisciplinar, resultado do desenvolvimento da Cartografia, utilizando tecnologias de informação visual – computação gráfica e visualização científica – e Sistemas de Informações Geográficas. Segundo Robbi (2000) no processo de visualização de informações cartográficas o conhecimento espacial dos fenômenos geográficos é adquirido por análises visuais de imagens com o

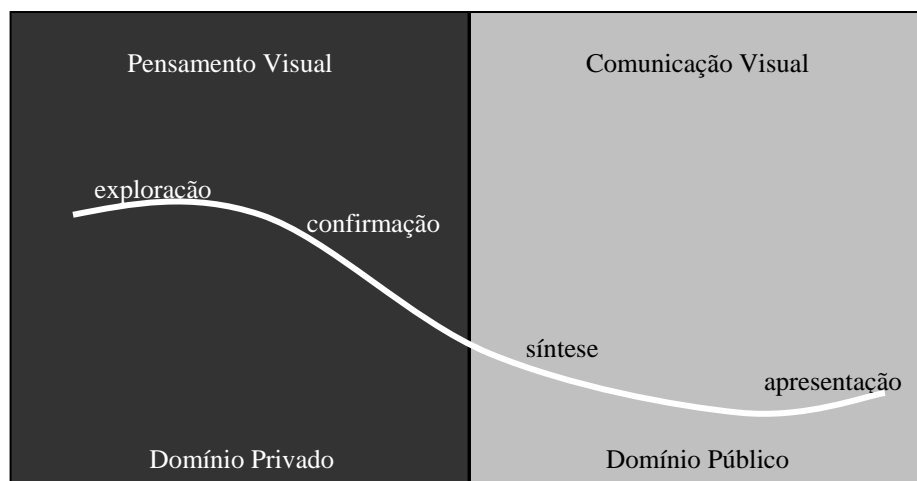
---

<sup>1</sup> MACEACHREN, A. M.; BUTTENFIELD, B.; CAMPBELL, J.; DiBIASI, D.; MONMONIER, M. Visualization. In: ABLER, R. F.; MARCUS, M. G.; OLSON, J. M. **Geography's inner words: pervasive themes in contemporary American Geography**. New Brunswick: Rutgers University Press, 1992. p. 99-137.

uso de ferramentas computacionais. A concepção da visualização cartográfica é que através da manipulação da representação do objeto ou do fenômeno em estudo, seja estimulado o processo de raciocínio mental, o qual possibilite a aquisição de conhecimento.

Os modelos teóricos desenvolvidos sobre visualização cartográfica enfatizam o uso dos mapas nas diferentes fases dos processos de análises espaciais. Um destes modelos é o apresentado por DiBiasi (1990)<sup>2</sup>, citado por MacEachren (1994a) (Figura 1), no qual o uso do mapa é dividido em dois domínios, o domínio público e o domínio privado. Também existe uma distinção entre o “raciocínio visual”<sup>3</sup> e a “comunicação visual”<sup>4</sup>, sendo que mapas podem ser usados para ambos, mas as metas de projeto cartográfico e solução de simbolização podem diferir.

FIGURA 1 - USOS DOS MAPAS NA VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA



FONTE: Adaptado de MacEachren (1994a)

No domínio privado os mapas são instrumentos que podem instigar discernimento, revelando padrões e agrupamentos em dados espaciais, além de realçar anomalias. Para tanto, soluções de simbolização produzidas pelos cartógrafos, devem estimular as habilidades humanas cognitivas em adquirir conhecimento, revelando o

<sup>2</sup> DIBIASI, D. Visualization in the earth sciences. **Bulletin of College of Earth and Mineral Sciences**. Pennsylvania State University, v. 2, n. 59, p. 13-18, 1990.

<sup>3</sup> “Visual thinking”.

<sup>4</sup> “Visual communication”.

desconhecido. O enfoque está sobre o “raciocínio visual”<sup>3</sup>. Nesse domínio, conforme MacEachren (1994a), o mapa pode ser usado para:

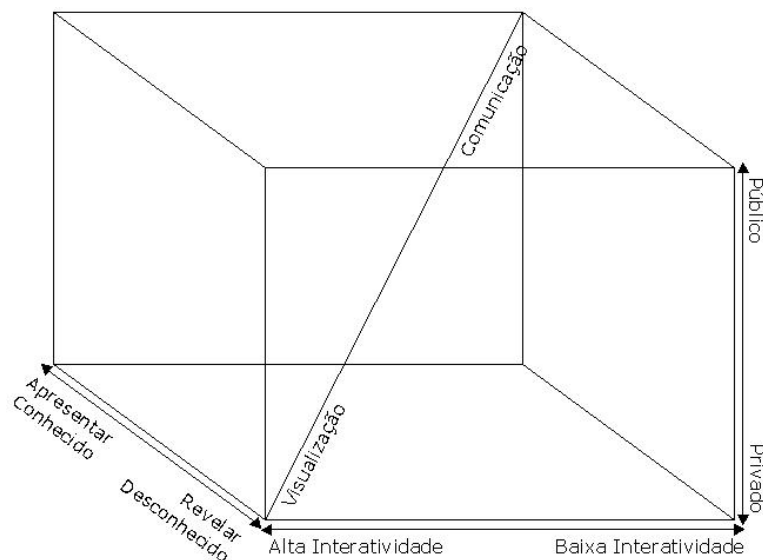
- Exploração: mapas são considerados instrumentos para exploração de informações, quando se busca a aquisição de conhecimento “novo” sobre o fenômeno estudado; e
- Confirmação: mapas e outros instrumentos de visualização são usados como um meio para confirmar hipóteses levantadas sobre o fenômeno estudado.

No domínio público o objetivo é apresentar informações, apresentar o conhecido e a ênfase está sobre a “comunicação visual”<sup>4</sup>. Nesse domínio, conforme MacEachren (1994a), o mapa pode apresentar os seguintes enfoques:

- Síntese: são mapas que apresentam uma compilação de informações, informações já processadas, em grande parte por especialistas; e
- Apresentação: o mapa é utilizado como instrumento de apresentação da informação.

Um outro modelo teórico sobre visualização cartográfica é o proposto por MacEachren (1994b), no qual a visualização cartográfica é definida num espaço tridimensional denominado de (CARTOGRAFIA)<sup>3</sup>, ou Cartografia ao cubo (Figura 2).

FIGURA 2 - (CARTOGRAFIA)<sup>3</sup> - UMA REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO DE USO DO MAPA



FONTE: Adaptado de MacEachren (1994b)

Nesse espaço os diferentes usos dos mapas são representados em três eixos: interatividade, audiência e propósito. As variações do uso do mapa são definidas de acordo com as diferentes fases do processo de análise espacial, sendo estas a

exploração, a síntese, a confirmação e a apresentação. Essas fases são agrupadas em dois domínios, o público e o privado, da mesma forma como apresentado no modelo de DiBiasi (1990)<sup>2</sup>. A interatividade pode variar em diferentes graus, desde baixa até a alta interatividade com o mapa. O propósito pode variar entre revelar o desconhecido até apresentar o conhecido. A audiência representa a variação entre o uso privado e o uso público do mapa.

No domínio privado, os mapas são utilizados por usuários quando estes analisam os mapas para adquirir conhecimento, tendo em vista a tomada de decisão. O conhecimento adquirido no domínio privado muitas vezes pode ser mapeado. Estas representações, conforme Sluter (2001a, 2001b), podem ser apresentadas nas fases relativas ao domínio público.

O modelo (CARTOGRAFIA)<sup>3</sup> apresenta na diagonal do cubo a variação entre visualização e comunicação (Figura 2), sendo que essa variação não é fragmentada, ela é contínua e apresenta extremos. Se o uso do mapa está ocorrendo com uma alta interatividade, a audiência é privada e o propósito é revelar o desconhecido, a ênfase está na visualização. Por outro lado, se a interatividade é baixa, a audiência é o público, e o propósito é apresentar o conhecido, a ênfase está na comunicação (MACEACHREN, 1994b).

Como exemplo ilustrativo da aplicação de visualização cartográfica, pode-se citar o experimento desenvolvido por Rasmusundaram et al. (2005). Estes autores implementaram um ambiente virtual para simular aulas práticas envolvendo o levantamento de dados pedológicos. O objetivo do ambiente virtual é o de fornecer subsídios para o aprendizado e a pesquisa científica. Em testes preliminares, dois grupos de estudantes da Universidade da Flórida foram avaliados. Um grupo foi levado ao campo, onde foram ministradas aulas práticas, e um outro ficou em laboratório, manipulando feições de solos em ambiente virtual. Em seguida foi aplicado um teste a ambos os grupos. Constatou-se que o entendimento das feições estudadas foi mais efetivo entre os alunos que tiveram aula no laboratório virtual, do que entre aqueles que foram ao campo. Os pesquisadores afirmam que a interação dos alunos com as feições solos em um ambiente virtual estimulou o raciocínio e os propiciou a aquisição de certos conhecimentos que não foram possíveis em campo.

Eles justificam que, com este ambiente virtual implementado, não se pretende substituir o trabalho de campo, mas dar suporte aos alunos e aos cientistas para o entendimento dos “corpos” estudados.

Com o desenvolvimento da tecnologia computacional o processo de geração de dados geoespaciais foi intensificado. Hoje as mais diversas áreas do conhecimento utilizam esse tipo de informação em suas pesquisas. As necessidades de instrumentos que permitem a representação gráfica dessas informações são evidentes. Técnicas de visualização como mapas interativos, cartografia multimídia e realidade virtual, destacam-se como soluções para as representações espaciais. Entretanto, as pesquisas, necessárias para avaliar a efetividade desse ferramental empregado na visualização cartográfica, não acompanharam esse avanço.

As novas técnicas e possibilidades tecnológicas foram incorporadas, todavia, as soluções gráficas empregadas são praticamente as mesmas da Cartografia convencional, que aliás, apresenta problemas ainda não solucionados. O desafio, conforme discutem Fairbairn et al. (2001), passou a ser a transição dos métodos de representação desenvolvidos em uma época onde os dados eram escassos para um período onde a geração de dados cresceu enormemente. A crítica aqui não é sobre a quantidade de dados geoespaciais que passou a ser gerada como resultado do impacto tecnológico, mas à falta de pesquisas que procure explicar como estes podem ser representados e quais técnicas podem ser empregadas nesse processo, de forma que a aquisição de conhecimento espacial, necessária para a solução de problemas, seja possibilitada e otimizada. Ressalta-se ainda, a importância dos dados geoespaciais na solução de problemas, pois estes, conforme MacEachren e Kraak (2001), provêm um mecanismo fundamental para a ligação de diferentes tipos de dados necessários na solução de problemas espaciais, o referenciamento espacial.

Para Fairbairn et al. (2001), as funções e as aplicações da Cartografia foram ampliadas e para a análise da evolução da Cartografia três fatores devem ser considerados: (a) a existência de novos tipos de dados a serem representados; (b) a existência de novos métodos para criar representações; e (c) a existência da necessidade de entendimento de ambos. Os novos dados que os autores se referem dizem respeito àqueles cujo levantamento foi possibilitado graças ao desenvolvimento

tecnológico. Estes dados, além de não terem distribuição e relacionamentos totalmente conhecidos, requerem avançadas técnicas de representação, incluindo a multidimensionalidade e a interatividade. Como exemplo pode-se citar os dados utilizados no projeto GEOWARN<sup>5</sup>, cujos cruzamentos são fundamentais para análises do fenômeno estudado. Entre eles têm-se dados tomográficos, sísmicos, atmosféricos, batimétricos, de análises químicas da emissão de gases por fumarolas e de epicentros de terremotos. Todos estes dados estão ligados a um sistema de referência espacial para que possam ser analisados em um SIG. A visualização destes inclui desde mapas e gráficos simples até representações em três e em quatro dimensões (GOGU et al. 2006).

Quanto aos novos métodos de representação pode-se falar nas possibilidades oriundas do avanço tecnológico, tais como mapas animados, realidade virtual e multimídia. O entendimento tanto dos dados quanto dessas novas técnicas é fundamental para que se possa produzir representações que facilitem a aquisição de conhecimento, as quais sejam adequadas ao sistema cognitivo dos seus usuários.

Um aspecto merecedor de investigação, dentre os muitos envolvidos nessa temática, é a apresentação de informações cartográficas através dos monitores de computadores, pois estes passaram a ser utilizados como meio de representação gráfica, principalmente devido às possibilidades de interação com usuário. Porém, não se sabe como as ferramentas computacionais podem estimular o sistema cognitivo humano, nem a efetividade das variáveis visuais empregadas nesse tipo de *display*.

Para Slocum et al. (2001) é fundamental o estudo cognitivo para o direcionamento da solução de problemas ligados à representação cartográfica. Os autores afirmam que no projeto de um ambiente para visualização de informações cartográficas são necessárias investigações que envolvam: imersão, interatividade, intensidade de informação e objetos inteligentes. Segundo estes autores, a não consideração destes fatores pode levar a distorções quanto à transmissão de informação.

---

<sup>5</sup> O Projeto GEOWARN é resultado da união de um conjunto de instituições européias, cujo objetivo é o desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas com a finalidade de monitorar a atividade vulcânica e sísmica em áreas com instabilidade geodinâmica, visando à previsão de possíveis fenômenos vulcânicos e sísmicos.

Visando a busca de soluções para esses problemas, em 2001 a Comissão sobre Visualização e Ambientes Virtuais da Associação Cartográfica Internacional, delineou uma agenda de pesquisa para a geovisualização. Esta agenda foi dividida em quatro partes, as quais estão relacionadas aos principais temas de pesquisa nessa área, quais sejam: representação; integração entre geocomputação e construção de conhecimento; projeto de interface; e cognição e usabilidade. Foram organizados quatro grupos de pesquisa internacionais, os quais ficaram encarregados de delinear diretrizes para cada um dos respectivos temas. O objetivo desse delineamento foi desenvolver ambas, teoria e prática, para facilitar a construção de conhecimento através da exploração visual e análise de dados geoespaciais. Conforme MacEachren e Kraak (2001), o desafio norteador do trabalho dos grupos de pesquisa focou em como transformar dados geoespaciais em informação e subsequente em conhecimento.

Cada grupo de pesquisa procurou internamente levantar os principais tópicos nos quais há falta de conhecimento, para subsequente direcionar prováveis investigações. As preocupações que nortearam as discussões em cada grupo de pesquisa consideraram: como fazer uso dos avanços das novas tecnologias em prol da visualização cartográfica; como criar representações que satisfaçam as necessidades dos usuários; e como projetar interfaces eficazes e efetivas, considerando as diferenças entre indivíduos quanto às habilidades espaciais de leitura de representações cartográficas (MACEACHREN; KRAAK, 2001).

Do conjunto de desafios apresentados pelos quatro grupos, muitos estavam entrelaçados, ou seja, eram comuns a pelo menos dois grupos. Como medida emergencial, a comissão decidiu que deveriam ser concentrados esforços sobre estes desafios (entrelaçados), pois a solução destes pode facilitar, ou pelo menos encaminhar, a solução dos demais. Um aspecto importante levantado por ambos os grupos foi a necessidade de pesquisa em cognição espacial. Tanto para o grupo de representação, quanto para o de integração entre geocomputação e construção de conhecimento, quanto para o de projeto de interface. Pesquisas em cognição são fundamentais, pois devem fornecer diretrizes para prováveis soluções de problemas de projeto cartográfico (MACEACHREN; KRAAK, 2001).

Entre os principais desafios levantados pelos grupos destacam-se dois: (I) as necessidades de se entender como pessoas com diferentes idades, bagagens sócio-culturais e sexo, reagem a determinados estímulos sensoriais através da visualização cartográfica; e (II) como se dá o processo de cognição, ou seja, como os diferentes estímulos sensoriais podem ser utilizados na Cartografia, de maneira que as representações instiguem a aquisição de conhecimento espacial sem sobrecarregar o sistema cognitivo.

Enfatizando primordialmente estes dois desafios de pesquisa, que estão amplamente interligados a muitos outros delineados pelos grupos, a seguir serão apresentados conceitos sobre a cognição espacial, considerando o processo cognitivo na aquisição de conhecimento espacial.



### 3 COGNIÇÃO ESPACIAL

Para Visvalingam (1989) o pesquisador que busca representar o espaço deve procurar criar mapas para facilitar a compreensão e a comunicação de fenômenos espaciais, para uma variedade de proposições. Isto envolve a consideração do estudo formal dos processos de mapeamento e de uso do mapa. Para ele, os mapas são representações holísticas da realidade espacial, sendo inicialmente uma abstração intelectual da realidade, que pode ser subsequente comunicada, modelada e codificada, em uma forma que explore as capacidades humanas de processamento de informações espaciais.

Para que se criem representações que comuniquem efetivamente informações sobre o fenômeno estudado, é importante entender como se dá o processo de apreensão da informação a partir dos mapas, ou seja, deve-se procurar entender como ocorre o processo de aquisição de conhecimento espacial. Este processo, para muitos autores, está relacionado à formação de imagens mentais<sup>6</sup>, as quais também são conhecidas como mapas cognitivos. Na busca desse conhecimento, há algum tempo tem sido reconhecida a importância do entendimento do processo cognitivo por pesquisadores cartógrafos.

Conforme Montello (2002), os estudos em cognição na Cartografia envolvem a aplicação de teorias e métodos cognitivos para o entendimento dos mapas e do processo de mapeamento<sup>7</sup>, além da aplicação de mapas para o entendimento da cognição. Cognição inclui percepção, aprendizado, entendimento, pensamento, memória, raciocínio, solução de problemas espaciais e imagens mentais (PETERSON, 1987), a estes Montello (2002) inclui, ainda, a comunicação.

As pesquisas em Cartografia, durante quatro décadas, foram projetadas especificamente para avaliar a funcionalidade e a aplicabilidade de teorias da

---

<sup>6</sup> Para Peterson (1995) imagem mental trata-se de uma representação interna que é similar ao mapa, mas tem origem da memória.

<sup>7</sup> Processo de mapeamento aqui está considerando, também, o processo mental que ocorre no cérebro do cartógrafo quando ele está construindo um mapa.

percepção aos mapas. Estas pesquisas buscavam a mensuração de respostas a determinados estímulos em tarefas de leituras de mapas. Esta abordagem é limitante, pois não objetiva a explicação das respostas aos estímulos sensoriais (MACEACHREN, 1995).

Atualmente o entendimento da visão como um sistema de processamento de informação e que a informação é construída a partir da entrada sensorial, representa o ponto de vista dominante na psicologia e tem sido adotado por algumas pesquisas em Cartografia (MACEACHREN, 1995).

Para o estudo deste sistema humano de processamento de informação, MacEachren (1995) apresenta três abordagens possíveis. Conforme enfatizado na introdução, a terceira abordagem foi adotada neste trabalho, segundo a qual se busca o entendimento do processamento de informação humano em alto nível, considerando as estruturas do conhecimento (cognição). Dois aspectos da estrutura do conhecimento são importantes para a Cartografia: a categorização mental e os esquemas de conhecimento. A visão atual sobre categorização mental, diverge da mantida durante muito tempo, denominada categorização clássica (MACEACHREN, 1995).

A categorização clássica foi fundamentada seguindo a convicção que uma categoria mental tratava-se de uma estrutura muito bem definida e sem unidades sobrepostas. A nova visão de categorias mentais defende que estas são potencialmente sobrepostas, tem limites *fuzzy*, e são modeladas como agrupamentos de itens relacionados através de protótipos. Segundo este entendimento, os membros de categorias têm grau variante de similaridade em relação a estes protótipos (MACEACHREN, 1995). Através das categorias e seus relacionamentos os esquemas de conhecimento são formados, os quais são fundamentais para a aquisição de conhecimento espacial.

Antes de se considerar a habilidade humana em formar e fazer uso dos esquemas de conhecimento deve-se considerar a capacidade dos seres humanos em categorizar. A forma como os seres humanos mentalmente categorizam é que determina quais os elementos e os tipos de relacionamentos estão disponíveis aos esquemas de conhecimento (MACEACHREN, 1995). Desta maneira, a seguir são

introduzidas algumas considerações sobre o processo humano de categorização mental.

### 3.1 CATEGORIZAÇÃO MENTAL

“Sem categorização, mapas poderiam não ser possíveis” (MACEACHREN, 1995, p. 151). O processo mental de categorização permite a criação de representações espaciais, pois ele torna os seres humanos capazes de agrupar elementos, identificar padrões e descobrir relacionamentos, tarefas fundamentais para a representação de conceitos espaciais. Na produção de mapas, deve-se pensar as categorias que definem as unidades de mapeamento usando métodos que se equiparem às estruturas de categorização da mente humana, o que de certa forma pode ser utilizado para justificar o estudo da categorização mental. O entendimento do processo humano de categorização mental é relevante tanto para a interpretação de mapas quanto para a criação de mapas. Mapas representam informações que podem ser categorizadas pelos usuários de várias maneiras, ou seja, pode-se dizer que um mesmo mapa interpretado por pessoas distintas pode levar a interpretações e a raciocínios distintos. Essa possível heterogeneidade na assimilação de informação gráfica está intrinsecamente ligada ao perfil do usuário do mapa e de alguma forma está relacionada aos objetivos, aos interesses, e aos conhecimentos prévios, deste sujeito (MACEACHREN, 1995).

A abordagem clássica sobre categorias mentais assume que categorias existem no mundo e que nós podemos descobri-las. Alguns cartógrafos têm aceitado esta proposição e assumido que existem categorias ótimas a serem descobertas em informações que podem ser mapeadas, o que tem consumido esforço de muitos pesquisadores (MACEACHREN, 1995). Para MacEachren (1995) três principais dogmas dão sustentação à abordagem clássica sobre categorização mental, quais sejam:

- (1) Categorias são como *containers* (os objetos ou estão dentro ou estão fora);
- (2) Objetos individuais são assumidos como da mesma categoria se, e somente se, eles têm certas propriedades em comum; e
- (3) Categorias naturais existem e podem ser descobertas.

Uma das críticas à abordagem clássica sobre categorias mentais está relacionada à falta de estudo empírico para a sua sustentação. Uma implicação da aceitação de categorias clássicas é que algum elemento em uma categoria deve, por definição, ser tão representativo da categoria quanto qualquer outro elemento. O que na realidade é difícil de ser verificado (MACEACHREN, 1995).

MacEachren (1995) cita Eleonore Rosch como a primeira pesquisadora a iniciar uma mudança sobre a visão da categorização mental humana. Esta autora foi a primeira a tratar a teoria clássica somente como uma teoria e a questionar as suas suposições. As suposições relacionadas à teoria clássica de categorização mental investigadas por Rosch e seus colaboradores, foram:

- (1) Se categorias são definidas por propriedades que todos os membros compartilham, nenhum membro deveria ser mais representativo da categoria do que os outros; e
- (2) Se categorias são definidas por propriedades inerentes em seus membros, então, categorias devem ser independentes dos indivíduos que realizam a categorização.

O que Rosch e outros encontraram foi que nenhuma suposição é verificada na prática. Com base nessas evidências, Rosch propôs uma teoria alternativa, a qual foi denominada teoria do protótipo (*prototype theory*). O nome é referência a uma de suas premissas básicas, “ (...) que os membros de uma categoria são determinados não por uma equiparação a um grupo fixo de propriedades, mas por similaridade a um protótipo representante do membro mais típico da categoria” (MACEACHREN, 1995, p. 153).

Protótipos têm sido definidos, com alguma variação, como um conceito mental abstrato de um típico (não necessariamente existente) membro de uma categoria, ou como exemplares de membros de uma categoria, ou como um conjunto de características e relacionamentos entre estas. Rosch (1975)<sup>8</sup>, inicialmente defendeu um conceito de protótipo como um tipo de composição mental abstrata do mais típico membro de uma categoria (MACEACHREN, 1995).

Uma visão de protótipos baseada sobre características de membros de categorias parece ser mais plausível (MACEACHREN, 1995). Nessa consideração, os

---

<sup>8</sup> ROSCH, E. Cognitive representations of semantic concepts. **Journal of Experimental Psychology: General**, Washington, v. 3, n. 104, p. 192-233, 1975.

membros da categoria não apresentam todas as características delimitadoras do protótipo, ou seja, a lista de características de um protótipo é representativa das características da categoria. A teoria do protótipo envolve ainda, semelhanças familiares (*Family Resemblance*), categorias *fuzzy* (*Fuzzy Categories*), efeitos de tipificação (*Typicality Effects*), categorias radiais (*Radial Categories*) e categorias de nível básico (*Basic-Level Categories*).

Dadas as limitações das categorias clássicas, alguns pesquisadores passaram a buscar evidências da fraqueza dos argumentos utilizados pela teoria clássica. Um destes, conforme Lakoff (1987), foi Wittgenstein (1953)<sup>9</sup>, que em seus estudos sobre jogos encontrou que algumas categorias são definidas não só por propriedades comuns, mas por **semelhanças familiares**. O principal argumento desta postulação é que “(...) para que um membro seja reconhecido como parte da família não é requerido que este compartilhe todas as características com os outros membros” (MACEACHREN, 1995, p. 155).

Pode-se constatar que os membros componentes de uma categoria, definidos por semelhanças familiares, são muito mais flexíveis do que por categorias clássicas. Um outro ponto muito importante a ser considerado é que o conceito de semelhança familiar provê um mecanismo lógico, através do qual novos membros podem ser adicionados à categoria ao longo do tempo.

Um dos mais importantes aspectos do conceito de semelhanças familiares para a Cartografia é permitir que nem todos os membros de uma categoria compartilhem suas propriedades. Ou seja, podem haver membros que pertençam a uma categoria, mas que não compartilhem sequer uma propriedade com os demais membros componentes. Este é considerado como pertencente à categoria devido à(s) semelhança(s) a um ou mais de um membro(s) da categoria (MACEACHREN, 1995).

Os resultados da pesquisa de Labov (1973)<sup>10</sup> sugerem que a percepção das pessoas e a estruturação de categorias não refletem propriedades invariantes das categorias. A estruturação de categorias parece ser altamente dinâmica e dependente

---

<sup>9</sup> WITTGENSTEIN, L. **Philosophical investigations**. New York: Macmillan, 1953.

<sup>10</sup> LABOV, W. The boundaries of words and their meanings. In: FISHMAN, J. (Ed.). **New Ways of Analyzing Variation in English**. Washington: Georgetown University Press, 1973. p. 340-373.

do contexto, por isso apresenta certa “nebulosidade” na identificação de limites. Esse fator deve ser considerado pelo cartógrafo, quando desenvolve um projeto cartográfico, como uma importante característica humana presente no processo de categorização mental (MACEACHREN, 1995). Essa nebulosidade na identificação de limites, no processo de categorização mental, foi denominada de **limites fuzzy**.

Uma das chaves iniciais encontradas para o entendimento da teoria do protótipo, como uma alternativa à teoria de categorias clássicas, foi a identificação dos **efeitos de tipificação** na estrutura das categorias. Resultados de algumas pesquisas provêm claras evidências que, no mínimo para categorias comuns, a determinação dos membros componentes não é uma simples escolha binária, mas envolve uma gradação de típico a atípico. Ou seja, o processamento mental envolvido na escolha busca avaliar qual a proximidade de um elemento ao protótipo da categoria (MACEACHREN, 1995).

Lakoff (1987) combinando as idéias de protótipos, semelhanças familiares, limites *fuzzy*, e efeitos de tipificação, sugere o conceito de uma **categoria radial**. As categorias radiais têm um centro ou protótipo claramente definido, o centro da categoria é predicável da semelhança familiar aos membros protótipos. Membros não centrais não são predicáveis de protótipos, mas, de acordo com Lakoff (1987), existe alguma economia cognitiva no reconhecimento de similaridades por algum critério, considerando semelhanças familiares a eles. MacEachren (1995) afirma que a categoria mapa parece ser um claro caso de categoria radial. Seguindo esta abordagem o espaço dessa categoria pode ser definido por dois eixos ortogonais. Um apresentando uma graduação com respeito à escala de mapeamento, variando do átomo ao universo. O outro envolveria a abstração do mapa, considerando tipos de representações gráficas, variaria do gráfico à imagem. O mapa ocuparia o centro desses eixos.

Lakoff (1987) credita a pesquisa de Brown (1958)<sup>11</sup> como a primeira a notar que categorias são organizadas hierarquicamente. Certas denominações dentro da hierarquia de nomes de categorias têm um alto *status* e essas categorias são correlacionadas com ações. Este distinto nível de categorização tem sido chamado de

---

<sup>11</sup> BROWN, R. How shall a thing be called? **Psychological Review**, Washington, n. 65, p. 14-21, 1958.

nível básico. Conforme Lakoff (1987), foi a pesquisa antropológica de Berlin (1972) que primeiro explorou as **categorias de nível básico** em detalhes e serviu como ímpeto para Rosch et al. (1976)<sup>12</sup>, Tversky e Hemenway (1984)<sup>13</sup>, e outros, para estender a idéia de categorias de níveis básicos para todos os tipos de categorização mental (incluindo categorias tanto de eventos como de objetos).

Essas categorias de nível básico são as categorias mais gerais, através das quais se pode formar uma simples imagem. Pode-se dizer que o nível básico é distintivo primeiramente porque existe grande número de atributos associados a ele e porque estes atributos compartilham ambas as características perceptivas e as funcionais. O importante papel da função dos atributos compartilhados por membros da categoria é enfatizado por Lakoff (1987). Para esse autor as propriedades de certas categorias dependem da capacidade humana e da experiência de funcionamento no ambiente, pois conceitos que são usados são mais fundamentais do que aqueles que são simplesmente entendidos intelectualmente. As categorias de nível básico são básicas no mínimo em quatro aspectos (LAKOFF, 1987):

- Percepção: categorias de nível básico têm as formas facilmente percebidas, geralmente sua identificação corresponde a uma simples imagem mental e a uma rápida identificação;
- Função: categorias de nível básico quase sempre se apresentam associadas a uma função cotidiana dos seres humanos;
- Comunicação: as denominações de categorias de nível básico geralmente são as mais curtas, mais usadas, mais contextualizadas como palavras neutras, são as primeiras aprendidas por crianças e são as primeiras a entrar no léxico; e
- Organização do conhecimento: o nível básico é o nível no qual a maioria do conhecimento humano é organizado e no qual a maioria dos atributos são armazenados.

---

<sup>12</sup> ROSCH, E.; MERVIS, C.; GRAY, W.; JOHNSON, D.; BOYES-BRAEM, P. Basic objects in natural categories. **Cognitive Psychology**, San Diego, n. 8, p. 382-439, 1976.

<sup>13</sup> TVERSKY, B.; HEMENWAY, K. Objects, parts, and categories. **Journal of Experimental Psychology: General**, Washington, v. 2, n. 113, p. 169-191, 1984.

Deve-se destacar que a estrutura de nível básico “enxergada” por cada indivíduo, reflete as características intrínsecas ao sujeito, sua cultura, suas experiências, suas interações com o ambiente, e, também, os esquemas mentais aplicados na decodificação do estímulo visual mapa. Assim, da mesma forma que MacEachren (1995) afirma que alguns indivíduos se beneficiam mais do que outros de ambientes para geovisualização, pode-se afirmar que dependendo do tipo de fenômeno representado em um mapa, alguns sujeitos devem se beneficiar mais do que outros da mesma representação.

MacEachren (1995) relaciona os conceitos de categorias de nível básico à geografia regional<sup>14</sup>. Para o autor os conceitos de geografia regional estão incorporados ao cotidiano das pessoas, não com o rigor científico da academia, mas como uma visão simplificada do ambiente que os rodeia; esta visão foi denominada de imagem regional. Ela representa uma classificação “popular” do habitat, para uso em ações e tomadas de decisões espaciais diárias.

Quando especialistas em geografia regional procuram estruturar a organização espacial em regiões, considerando o nível funcional, próximo às imagens regionais humanas, seu trabalho deve apresentar resultados efetivos. O que deve os permitir o completo entendimento da organização espacial, e conseqüentemente, as regiões delineadas deverão ser mais facilmente incorporadas pelos seres humanos. Um aspecto importante na delimitação de regiões é a relação entre atributos (físicos ou socioeconômicos) e espaço, pois este último deve ser considerado o elemento principal para interações e processamentos que podem envolver os cruzamentos de diversas variáveis, que são essenciais na definição de regiões (MACEACHREN, 1995).

Alguns aspectos de categorias **não clássicas** devem ser considerados em avaliações das estratégias para derivar categorias de mapas, tais como: a idéia que categorias *fuzzy* são a norma para processamento mental; que nenhum sistema de categorização humano pode existir independentemente do processamento mental, da experiência e da interação com o mundo. Além disso, deve-se tomar ciência que as categorias de nível básico, combinando localização e informações sobre atributos, são

---

<sup>14</sup> Linha de pesquisa da Ciência Geográfica, que objetiva o estudo da organização espacial considerando o cruzamento de variáveis físicas e socioeconômicas na determinação de regiões.



as mais funcionais, porque estão fixas no espaço, fora do qual não é possível a interação com os atributos (MACEACHREN, 1995).

Um aspecto muito relevante, e que também deve ser considerado pelo cartógrafo, é o perfil do usuário da representação cartográfica. MacEachren (1995) cita a pesquisa de Rosch (1973)<sup>15</sup> através da qual foi concluído que muitas categorias podem não existir independentemente do observador que realize a categorização. Certos atributos de categorias somente podem ser aplicados depois que o conhecimento do objeto como uma categoria particular for adquirido, outros são significativos somente em termos de uma categoria super-ordenada e, ainda, outros são atributos funcionais que dependem de como humanos interagem com o mundo. Lakoff (1987) coloca particular ênfase sobre a inter-relação de muitas propriedades de categorias, afirmando que as propriedades são o resultado de nossas interações com parte de nosso ambiente físico e cultural, dado nosso aparato cognitivo. Pode-se dizer que uma série de fatores são empregados e influenciam a realização de categorizações, entre eles o ambiente cultural, fatores biológicos e características cognitivas.

Existe ainda, uma distinção entre categorizações comuns, praticadas pelo público em geral, e categorizações científicas, praticadas por especialistas. É fácil demonstrar que existem diferenças entre esses dois tipos de categorização do mundo. Com base em Roth e Frisby (1986)<sup>16</sup>, MacEachren (1995) afirma que categorias comuns são geralmente bem delimitadas. Já para categorias científicas existe considerável debate sobre os seus limites. Não-especialistas tendem a focar sobre o centro de categorias e compartilhar características, enquanto especialistas devem focar sobre divisões de categorias e feições distintivas. Esta distinção entre especialista e não-especialista evidencia que os seres humanos geralmente mantêm mais do que um tipo de representação de um conceito para diferentes aplicações.

Existe a necessidade de se explorar a variação de níveis de categorias para diferentes objetivos, aplicações e perspectivas, e para explorar como os mapas devem

---

<sup>15</sup> ROSCH, E. Natural categories. **Cognitive Psychology**, San Diego, n. 4, p. 328-350, 1973.

<sup>16</sup> ROTH, I.; FRISBY, J. P. **Perception and representation: a cognitive**: a cognitive approach. Philadelphia: Open University Press. 1986.

incorporar algumas das possibilidades de categorização do mundo definidas com base na lógica *fuzzy*. A distinção não é exatamente do tipo categorias comum versus categorias científicas, mas também, ocorre entre categorias científicas baseadas em diferentes bases filosóficas.

### 3.2 REPRESENTAÇÕES DO CONHECIMENTO

Existem duas teorias com respeito à representação do conhecimento: a teoria da proposição conceitual e a teoria da imagem radical. A teoria da proposição conceitual defende que todo conhecimento existe como proposições e que imagens, se elas existem, não influenciam o raciocínio. Já a teoria da imagem radical, no outro extremo, coloca que imagens existem, são usadas no raciocínio e são armazenadas na memória. Apesar de existirem poucas evidências fortes para suportar a idéia destas “figuras na cabeça”, existem consideráveis evidências que imagens são um fenômeno real e que podem ser mentalmente manipuladas e usadas no pensamento abstrato (MACEACHREN, 1995).

MacEachren (1991) afirma que alguns estudos têm indicado que uma representação cognitiva obtida de um mapa, pode diferenciar substancialmente de uma representação da mesma área derivada diretamente do ambiente (navegação<sup>17</sup>). Discute-se que as informações adquiridas de um mapa são armazenadas como imagens que podem ser *scannerizadas* e mensuradas como um mapa físico, enquanto que imagens derivadas da navegação pelo ambiente, são relativamente distorcidas e estruturadas com base em referenciais “significativos” para cada indivíduo.

Para Peterson (1987), as imagens mentais podem ser vistas como uma estrutura de dados na memória humana, consistindo de uma “representação da superfície” e uma implícita “representação secreta”, que têm importante função na solução de questões geográficas relacionadas aos mapas. O autor concebe a imagem como parte de um Sistema de Informações Geográficas Humano (SIGH), análogo aos similares sistemas computacionais. Para ele, em movimentos diários, os humanos dependem da entrada,

---

<sup>17</sup> Navegação nesse contexto refere-se ao ato de locomoção pelo espaço em atividades cotidianas (ato de ir e vir).

da manipulação e da apresentação da informação codificada, processo que se assemelha aos presentes em SIG's. Entretanto, o homem é muito mais ativo na aquisição de informações e, particularmente, hábil no reconhecimento de significados e criação de associações. Na verdade, a mente humana é extremamente ativa na codificação de informação espacial, desse fato decorrem as facilidades na identificação de informações espaciais por meio de mapas.

O tempo de resposta a problemas espaciais que envolvam a utilização de imagens, na forma de mapas, dependerá da prévia existência ou não da informação codificada na memória de longa duração. Para Phillips (1989), entretanto, a memória humana apresenta grandes limitações quanto ao armazenamento de informações novas. Quando humanos se deparam com um problema no qual as informações não são familiares, estes têm que tomar conhecimento do todo, para em seguida esboçar uma provável solução. Dessa forma, o processamento da informação muitas vezes pode não ser linear, mas associativo. A informação gráfica, seja através de diagramas, mapas ou outra forma de expressão, permite o processamento em paralelo, devido à grande quantidade de informações transmitidas, auxiliando nas tomadas de decisões (PHILLIPS, 1989).

Todo tipo de informação gráfica pode ser considerada como diferentes soluções para um problema comum: a limitada capacidade humana para relembrar as informações não armazenadas pelo cérebro na memória de longa duração (PHILLIPS, 1989). A informação gráfica permite a realização de certos raciocínios, que são difíceis ou impossíveis por outros meios. Conseqüentemente, da associação de informações facilmente pode-se derivar novos dados e solucionar problemas de cunho espacial. Para Peterson (1987), a leitura do mapa não é uma atividade isolada, pois a informação derivada de uma representação é armazenada na forma de imagem e pode ser usada mesmo depois de cessado o estímulo visual (mapa), o que significa que o processo de raciocínio continua mesmo na ausência do mapa.

Considerando que todos os possíveis usos de informações na forma gráfica permitem a aquisição de conhecimento espacial, MacEachren (1991) baseado em

Downs e Stea (1973)<sup>18</sup>, afirma que o processo de entendimento do ambiente é denominado mapeamento cognitivo. O qual é definido pelo autor como uma série de transformações psicológicas pela qual um indivíduo adquire, codifica, armazena, recorda e decodifica a informação sobre localizações relativas e atributos de fenômenos em seu ambiente cotidiano. O produto desse processo pode ser denominado de mapa cognitivo ou representação cognitiva.

Representações cognitivas podem ser derivadas da direta experiência com o ambiente, de mapas, ou da combinação de ambos. MacEachren (1991) afirma que para entender a função do mapa na aquisição do conhecimento espacial, primeiro deve-se considerar as características do conhecimento. Com esse propósito, o autor apresenta um sistema alternativo, desenvolvido por Golledge e Stimson (1987)<sup>19</sup>, que categoriza o conhecimento espacial. Neste sistema são reconhecidos três tipos de conhecimento:

- Declarativo: conhecimento de mais baixo nível cognitivo, que permite a identificação de objetos, que podem ser diretamente percebidos como lugares e seus atributos;
- Configuracional: conhecimento de maior nível cognitivo, envolve o entendimento de relacionamentos espaciais, permite a identificação de padrões geográficos e o desenvolvimento de hipóteses sobre agrupamentos espaciais.
- De procedimento: conhecimento de alto nível cognitivo, que auxilia a tomada de decisão para se mover em um ambiente;

Quanto à representação do conhecimento MacEachren (1995) adota a teoria defendida por Rumelhart e Norman (1985)<sup>20</sup>, na qual é apresentada uma tipologia que divide a representação do conhecimento em três tipos: proposicional, analógica e de procedimento, os quais são utilizados na interpretação de cenas visuais através dos

---

<sup>18</sup> DOWNS, R. M.; STEA, D. Cognitive maps and spatial behaviour: process and products. In: DOWNS, R. M.; STEA, D. (Ed.). **Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behaviour**. Chicago: Aldine, 1973. p. 8-26.

<sup>19</sup> GOLLEDGE, R. G.; STIMSON, R. J. **Analytical Behavioural Geography**. New York: Croom Helm, 1987.

<sup>20</sup> RUMELHART, D. E.; NORMAN, D. A. Representation of knowledge in memory. In: AITKENHEAD, A. M.; SLACK, J. M. (Ed). **Issues in cognitive modeling**. London: Erlbaum, 1985. p. 15-62.

esquemas de conhecimento. Os esquemas de conhecimento servem como uma interface entre a descrição visual (estímulo visual) e a representação do conhecimento.

Ambas as representações, proposicional e analógica, parecem ser aplicáveis à codificação de conceitos ou cenas estáticas. A representação do conhecimento proposicional deve ser mais adequada à organização que Golledge e Stimson (1987)<sup>19</sup> referem como conhecimento declarativo, conhecimento sobre objetos, atributos e lugares. Representações analógicas parecem adequadas para a organização do conhecimento configuracional sobre o espaço, ou seja, o conhecimento de relacionamentos espaciais entre entidades no espaço (MACEACHREN, 1995).

Diferentes tipos de representação do conhecimento podem ser estimulados por diferentes procedimentos de apresentação do conhecimento. Com base em uma série de pesquisas experimentais que procuraram avaliar o processo de aquisição de conhecimento, MacEachren (1995) afirma que é provável que em tarefas de leitura de mapas o sujeito use as estruturas do conhecimento aplicando ambos os conhecimentos declarativo e configuracional. Este autor aponta ainda, que o processo de leitura do mapa pode gerar ou alterar ambas as representações do conhecimento, proposicional e analógica.

O conhecimento de procedimento é o conhecimento da sequência de passos necessários para ir de um lugar para outro. Mais amplamente, o conhecimento de procedimento é considerado simplesmente conhecimento de como fazer algo. Representações proposicional, analógica e de procedimento, têm um papel fundamental na organização do conhecimento humano, pois de suas interações em complexas direções, é possível a aquisição de conhecimento espacial (MACEACHREN, 1995). A seguir são descritos os esquemas de conhecimento.

### **3.3 ESQUEMAS DE CONHECIMENTO**

Os pesquisadores em Cartografia deveriam considerar os esquemas de conhecimento, uma vez que a visão dominante na psicologia é que algum mecanismo estruturante existe para prover um formato comum para organizar a entrada sensorial e recuperar as informações de representações do conhecimento na memória de longa

duração (MACEACHREN, 1995). Estes mecanismos foram chamados de esquemas. Esquemas são como estruturas para representar e organizar conceitos. Estas estruturas podem ser concebidas como modelos contendo pontos e ligações entre eles. Os pontos representam categorias ou atributos de categorias e as ligações especificam os possíveis relacionamentos que podem ser mantidos entre as categorias ou atributos.

Devem existir diferentes esquemas como interface entre diferentes representações do conhecimento. Os esquemas de conhecimento estruturam o que se conhece sobre objetos, conceitos, relacionamentos, processos no mundo e o que se vê pela produção de certos agrupamentos, categorizações, padrões e assim por diante. MacEachren (1995) descreve três distintos esquemas de conhecimento que são possíveis de serem utilizados no processamento cognitivo humano, o esquema proposicional, o esquema imagem e o esquema evento.

Os esquemas de conhecimento podem ser empregados um dentro do outro e em todos os níveis de abstração, combinando todos os três tipos de representação de conhecimento. Não existe uma regra no emprego dos esquemas de conhecimento, estes são instanciados em conformidade com a cena gráfica visualizada. A composição do estímulo visual é que deve determinar o tipo de esquema a ser “carregado”. Uma única cena visual, não necessariamente, instiga conhecimento de um único tipo (declarativo, configuracional, de procedimento). Conseqüentemente, distintos esquemas devem atuar na interpretação do estímulo visual (MACEACHREN, 1995).

**O esquema proposicional** é responsável pela interligação da entrada sensorial com a representação do conhecimento proposicional (MACEACHREN, 1995). Este esquema pode ser considerado como o esquema de conhecimento sobre objetos, conceitos e categorias.

MacEachren (1995) afirma que o esquema gráfico de Pinker (1990) pode ser considerado a melhor tentativa de formalizar o conceito de esquema proposicional. Com base nessa afirmação, a seguir é apresentado o esquema gráfico de Pinker (1990), cujas principais funções são:

- (1) Determinar o tipo de interpretação possível da descrição visual;
- (2) Estruturar questões conceituais em uma forma que seja compatível com a estrutura da descrição visual; e

(3) Permitir que diferentes descrições visuais sejam categorizadas.

Pinker (1990) afirma que o processo de aplicação do esquema gráfico a um determinado contexto gráfico envolve quatro procedimentos que podem se repetir em ciclos iterativos, com estruturas apropriadas, representando a informação gráfica acessada. Estes processos são:

- (1) Equiparação (*match*): envolve a comparação da descrição visual com todos os esquemas na memória. O esquema que melhor se adapte às características da cena visual é selecionado. A principal função desse processo é o reconhecimento do tipo do gráfico;
- (2) Reunião de mensagens (*message assembly*): este processo examina o esquema gráfico “carregado” para buscar mensagens *flags*<sup>21</sup>, quando encontra mensagens contidas no esquema gráfico, estas são adicionadas à mensagem conceitual;
- (3) Interrogação (*interrogation*): este processo ocorre quando o leitor necessita de alguma parte específica de informação que ainda não está na mensagem conceitual; e
- (4) De inferência (*inferential*): este processo inclui uma ampla extensão de habilidades humanas para esboçar conclusões sobre o que foi encontrado.

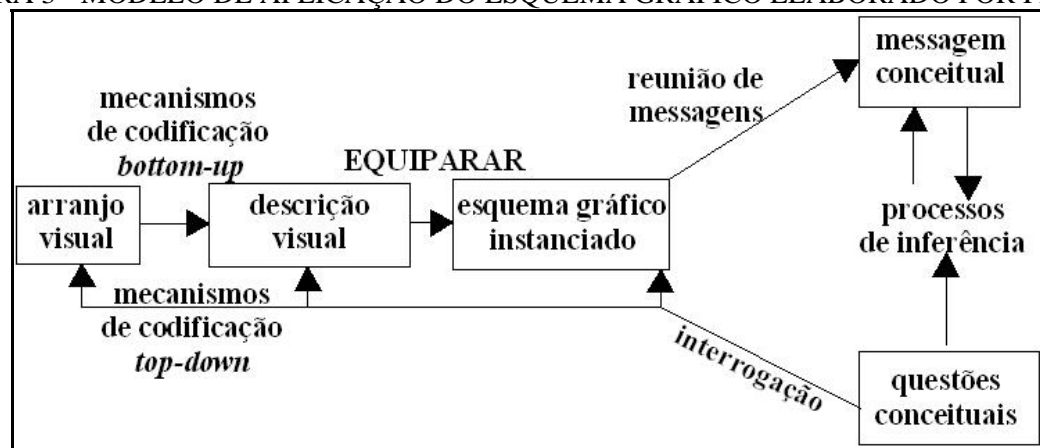
A Figura 3 ilustra o modelo do processo de aplicação do esquema gráfico elaborado por Pinker (1990). Conforme a ilustração, dado um arranjo visual, uma cena gráfica qualquer, mecanismos *bottom-up* (do perceptivo para o cognitivo) atuam na decodificação. Uma vez que o cérebro tenha gerado uma descrição visual, ocorre a fase de equiparação desta com o esquema gráfico de conhecimento instanciado. Nessa fase uma série de mensagens (sinalizações) são geradas pelo cérebro. Estas mensagens são reunidas para compor o conjunto de mensagens conceituais com respeito à descrição visual e o respectivo esquema instanciado. Em seguida ocorre o chamado processo de inferência, quando o cérebro procura verificar a adequabilidade do esquema instanciado à descrição visual. Caso na fase de inferência não seja possível identificar o quanto o esquema instanciado é representativo da descrição

---

<sup>21</sup> Mensagens *flags* são sinalizações que são produzidas a partir do momento que um determinado esquema é aplicado. Estas sinalizações são usadas pelo cérebro como indicativos da adequabilidade do esquema gráfico instanciado à entrada sensorial.

visual, ocorrerá a fase de questões conceituais. Nesta fase o cérebro inverte a ação, mecanismos *top-down* (do cognitivo para o perceptivo) atuarão como interrogadores sobre o processo de leitura da cena gráfica. O “suporte” para essa ação é o conhecimento armazenado na memória de longa duração e o objetivo é decifrar o estímulo visual. Este processo se aplica também à leitura de mapas.

FIGURA 3 - MODELO DE APLICAÇÃO DO ESQUEMA GRÁFICO ELABORADO POR PINKER



FONTE: Adaptado de Pinker (1990) por MacEachren (1995)

Pinker (1990) avança para um esquema gráfico geral. Um esquema gráfico geral é um esquema mais abstrato, que pode ser considerado um esquema protótipo. Ele inclui parâmetros e relações encontradas em gráficos típicos, mas não, necessariamente, representa o conhecimento sobre um tipo específico de gráfico. As principais propostas do esquema gráfico geral são: permitir que entidades nunca antes encontradas (novos gráficos) sejam reconhecidas como pertencentes a uma categoria específica (tipo de gráfico) e prover uma estrutura inicial que possa ser modificada e adicionada para iniciar o desenvolvimento do esquema específico de entendimento desta nova entidade.

O **esquema imagem** provê um formato para codificar informação da visão e linguagem simultaneamente, ele deve ocupar um nível mais fundamental (nível de categorias básicas) que o esquema proposicional (LAKOFF, 1987). O esquema imagem abrange a interação dos seres humanos com representações visuais concretas, tais como mapas.

Dois tipos de esquemas podem ser considerados bons exemplos de esquemas imagem, o esquema *container* e o esquema cinestésico. O esquema *container*



apresenta limites bem definidos, distinguindo interior do exterior, o que permite o rápido enquadramento de elementos da cena visual em categorias. Já os esquemas cinestésicos podem ser considerados modelos ou protótipos que estão ligados a relações espaciais fundamentais (dentro - fora, em cima – embaixo). O esquema imagem parece ser derivado do repetido uso de uma estrutura de imagens particulares e, com o tempo, pode-se esperar que especialistas (e seres humanos em geral) transformem esse contexto rico em imagens em esquemas imagem (LAKOFF, 1987).

Com base no esquema *container*, Lakoff (1987) apresenta um número de outros esquemas imagem, que para ele operam em um nível pré-conceitual, em uma estrutura para processar entrada sensorial tanto quanto em processos de raciocínios gerais. Entre estes estão os seguintes esquemas: parte-todo (*part-whole*), ligação (*link*), centro-periferia (*center-periphery*), origem-caminho-alvo (*source-path-goal*) e ordem linear (*linear order*). Para MacEachren (1995) todos estes esquemas parecem ter aplicação direta aos mapas.

Lakoff (1987) desenvolveu uma estrutura, na qual é evidenciado o papel do esquema imagem em habilidades do raciocínio humano. As hipóteses de Lakoff sobre a aplicação desse esquema são:

- Categorias em geral são entendidas em termos do esquema *container*;
- Estruturas hierárquicas são entendidas em termos dos esquemas parte-todo e em cima - embaixo;
- Estruturas relacionais são entendidas em termos do esquema ligação;
- Estruturas radiais são entendidas em termos do esquema centro-periferia;
- Relação entre estruturas de primeiro e segundo planos são entendidas em termos do esquema frente-atrás; e
- Quantidades escalares lineares são entendidas em termos dos esquemas em cima-embaixo e ordem linear.

O esquema imagem trabalha exclusivamente com relacionamentos espaciais fundamentais e, provavelmente, forma a base para nossa aparente habilidade em conscientemente formar contextos ricos em imagens mentais. Desta maneira, imagens mentais baseadas em esquemas imagem parecem incluir alguns aspectos de buscas de caminhos, solução de problemas científicos e outros procedimentos, para os quais o

espaço geográfico deve ser conceitualizado ou o espaço geográfico serve como um meio conveniente, dentro do qual conceitos abstratos podem ser compreendidos (MACEACHREN, 1995).

Em contraste ao esquema proposicional e ao esquema imagem, o **esquema evento** é constituído por estruturas que enfatizam o tempo, a seqüência e os processos. Enquanto ambos os esquemas, proposicional e imagem, parecem ter um papel em todo o entendimento do mapa, a aplicação do esquema evento a esse entendimento é provavelmente limitada a representações de processos dinâmicos. Representações usadas para inicializar ou dirigir processos, ou aquelas que usem símbolos dinâmicos ou interação, como instrumentos para revelar padrões e relações nos dados (MACEACHREN, 1995).

MacEachren (1995) afirma que é provável que os seres humanos empreguem múltiplos esquemas de conhecimento para construir estruturas hierárquicas, as quais são como interfaces entre o mundo externo e nossos vários tipos de representações do conhecimento. Seguindo a afirmação que esquemas são hierarquicamente organizados e diferentes tipos de esquemas podem ligar-se em complexas direções dentro de hierarquias, o autor afirma que é provável que o esquema evento inclua sub-esquemas da forma imagem e/ou proposicional.

Neste texto, na apresentação do esquema proposicional, foi comentado sobre a postulação de Pinker (1990) sobre um esquema gráfico geral. MacEachren (1995), considerando esta postulação, afirma que muitas das relações apresentadas no esquema gráfico de Pinker (1990) são espaciais. Com base nessa concepção, o autor propõe um esquema mapa geral para o entendimento de mapas, da mesma forma como o esquema gráfico geral apresentado por Pinker (1990).

O esquema mapa geral é derivado essencialmente de estruturas pré-conceituais, associadas a conceitos de nível básico e a esquemas imagem cinestésicos. Estes esquemas são derivados em parte das características fisiológicas humanas e em parte das ações de aprendizado requeridas para adaptação ao mundo físico e social (MACEACHREN, 1995).

MacEachren (1995) propõe que humanos possuem um esquema mapa geral compatível com o esquema gráfico geral. O autor afirma que o esquema mapa geral

deve estar mais relacionado às experiências do mundo real do que um esquema gráfico geral, porque o esquema mapa usa o espaço para estruturar o conhecimento, e é neste que ocorrem as interações diárias dos seres humanos com o meio ambiente.

MacEachren (1995) afirma que além de um esquema mapa geral, os seres humanos ainda podem fazer uso de um esquema mapa específico. Segundo o autor, para adultos, o esquema mapa específico pode ser desenvolvido pelo uso de um esquema mapa geral para reconhecer que os objetos de interesse estão no mapa e, assim, notar as características que não se equiparam ou estão faltando ao esquema geral. O desenvolvimento de um esquema mapa específico deve ser um processo de modificação, expansão e preenchimento de detalhes do esquema mapa geral, que ocorre em experiências diárias.

Enquanto a maioria dos adultos provavelmente têm um esquema mapa geral, grande parte deve ter poucos esquemas mapas específicos. Esquemas para o entendimento de tipos de mapas menos comuns são provavelmente desenvolvidos por especialistas em alguma área que faz uso desses tipos de representações. Como exemplo de especialistas que devem utilizar esquemas mapas específicos para análises, pode-se citar os cientistas de solo, os geólogos, os climatólogos, e os meteorologistas.

Nessa pesquisa os usuários de representações investigados são cientistas de solo, os quais, segundo a postulação aqui defendida, devem apresentar um esquema mapa específico para aquisição de conhecimento a partir de representações cartográficas relacionadas à Ciência do Solo. Fato que deve ser considerado na elaboração das representações e, ainda, usado quando da proposição de possibilidades para visualização, pois os esquemas mapas específicos destes usuários não devem estar adaptados a elas.

MacEachren (1995) afirma que os esquemas mapas específicos devem ser baseados em categorias de nível básico e em esquemas imagem, alguns podendo ser inatos ao sujeito, outros desenvolvidos com a experiência. Os cartógrafos necessitam considerar o fato que nem todos os potenciais usuários de seus mapas devem ter o apropriado esquema para interpretar uma categoria específica de mapa. Atenção deve ser dada ao treinamento, visando desenvolver o apropriado esquema imagem, pois essa

medida pode levar a resultados mais significativos quanto à aquisição de conhecimentos espaciais.

### **3.4 CATEGORIZAÇÃO MENTAL, REPRESENTAÇÕES E ESQUEMAS DE CONHECIMENTO APLICADOS À VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA**

Com base na fundamentação teórica sobre o processamento de informações por seres humanos em alto nível, considerando o processo de categorização mental, os esquemas de conhecimento e as representações do conhecimento, MacEachren (1995) apresenta uma proposta para visualização cartográfica que integra estes conceitos. Proposta que será apresentada e perseguida nesta pesquisa.

MacEachren (1995) afirma que existem duas possibilidades para que os *displays* de informações construídos sejam efetivos. Uma possibilidade pode ser almejada, desde que o cartógrafo procure usar um esquema lógico para organizar o *display* e o usuário do mapa empregue um esquema idêntico (ou semelhante) quando visualizar o mesmo. Seguindo essa possibilidade, o cartógrafo deve procurar equiparar o seu esquema geral de conhecimento ao dos potenciais usuários do seu produto. A outra possibilidade pode ser alcançada desde que o cartógrafo se preocupe em treinar o usuário, para que este adapte o seu esquema específico de leitura (da representação) ao utilizado pelo proponente (cartógrafo).

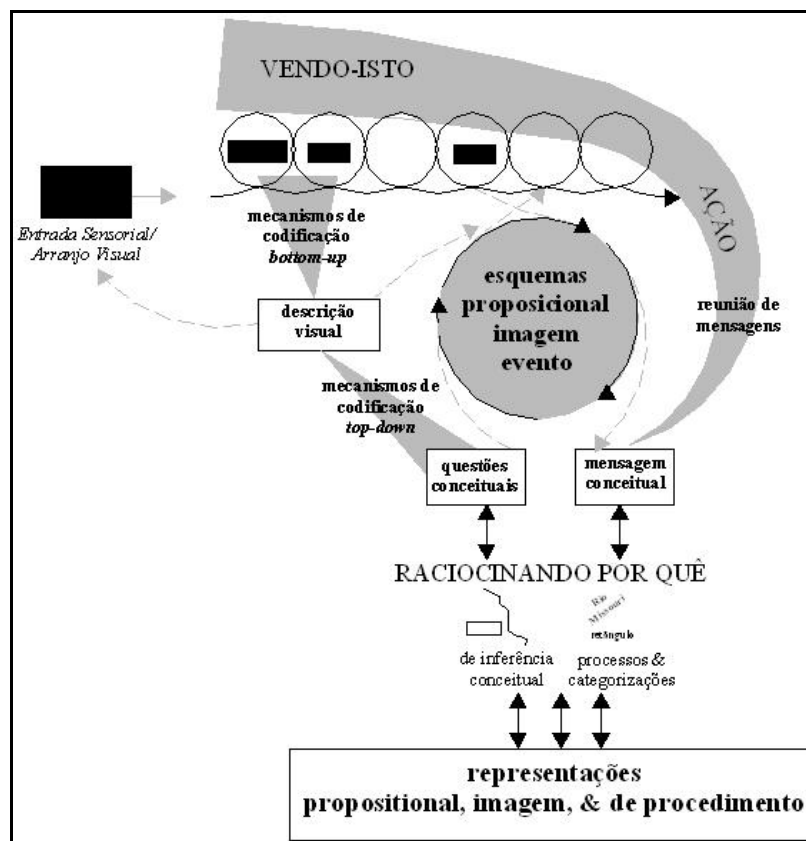
A tarefa central da visualização cartográfica está na identificação de padrões. A identificação de padrões inclui o reconhecimento de padrões já conhecidos e a percepção de padrões novos (desconhecidos). Os instrumentos para visualização cartográfica são efetivos para ambas as tarefas. Todavia, a percepção de padrões novos é o foco destes instrumentos e também o que justifica os seus desenvolvimentos (MACEACHREN, 1995).

MacEachren (1995) argumenta que seres humanos apresentam a tendência em ter representações *fuzzy* de conceitos bem definidos. Segundo os autores Roth e Frisby (1986)<sup>16</sup> esta característica humana é cognitivamente eficiente, porque as representações *fuzzy* provêm um meio para rápidos julgamentos. Com base nessa

característica humana MacEachren e Ganter (1990) propõem um modelo para visualização cartográfica.

Neste modelo, sugere-se que o uso de mapas como instrumentos para visualização são efetivos devido à tendência humana em identificar rapidamente padrões *fuzzy*, os quais são usualmente corretos ou significativos. Segundo este modelo, após uma rápida apreensão ao *display* mapa, o sujeito é capaz de identificar alguns padrões iniciais, sobre os quais é aplicado raciocínio cognitivo, para determinar quão acurada foi esta percepção inicial. Com base neste modelo, MacEachren (1995) propõe um novo (Figura 4), o qual foi denominado de modelo para identificação de padrões.

FIGURA 4 - MODELO DE IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES PARA VISUALIZAÇÃO BASEADA EM MAPAS



FONTE: Adaptado de MacEachren (1995)

Este modelo considera a interação humana com instrumentos de visualização. A inspiração inicial para o desenvolvimento deste modelo foi o trabalho de Margolis

(1987)<sup>22</sup>, no qual se afirma que os cientistas (e seres humanos em geral) tomam decisões pela comparação da situação corrente contra um conjunto de padrões (esquemas), os quais representam experiências passadas e conhecimento.

O modelo original proposto por MacEachren e Ganter (1990), enfatizava que padrões armazenados (*stored patterns*) são equiparados à entrada sensorial. Este estágio, no modelo para identificação de padrões, é entendido como “instanciação” de um esquema (ou preenchimento dos nós de um esquema). Os “*stored patterns*” do modelo inicial, podem ser entendidos como tipos especializados de esquemas (ou componentes de esquemas) adaptados aos padrões geográficos e espaciais que são comparados. Padrão espacial se refere a um arranjo espacial de feições geométricas, independente do significado de cada componente deste arranjo, já padrão geográfico está relacionado à aplicação de conhecimento geográfico para identificação de feições, ao qual é considerado o significado (MACEACHREN, 1995).

Padrões podem envolver o estado (*state*) dos objetos ou processos (*processes*), pelos quais estes objetos ou eventos ocorrem. Existe uma clara associação entre o estado dos padrões e os esquemas imagem, e os processos dos padrões com os esquemas evento. Já os esquemas proposicionais, devem prover as ligações necessárias para formar esquemas complexos (MACEACHREN, 1995).

O processo de categorização mental apresenta um papel importante no modelo de identificação de padrões. Os veículos de sinalização<sup>23</sup> (através dos quais é realizada a representação no mapa) estão ligados a categorias conceituais. Desta forma, os padrões vistos devido aos arranjos relativos dos veículos de sinalização são, também, categorias além de serem objetos individuais. Para cada componente identificado no *display* visual, a instanciação dos esquemas envolve a categorização mental (MACEACHREN, 1995).

Conforme ilustrado na Figura 4, uma vez que uma busca visual, através de um *display*, permita ao sujeito chegar a uma hipótese sobre padrões aparentes de mapas, o

---

<sup>22</sup> MARGOLIS, H. **Patterns, thinking, and cognition**: a theory of judgment. Chicago: University of Chicago Press. 1987.

<sup>23</sup> Veículos de sinalização neste texto são entendidos como os objetos geográficos, que no mapa são representados através das primitivas gráficas: ponto, linha e área.

“raciocinando por quê” processa esta entrada. Neste estágio são comparadas representações conceituais do que é visto sobre o mapa, com representações na memória de longa duração, na forma de representações proposicional, analógica ou de procedimento. Esta equiparação do que é visto inicialmente com o conhecimento armazenado, emprega mecanismos *top-down* (do cognitivo para o perceptivo). Estes mecanismos *top-down*, separados ou em conjunto, podem alterar o esquema de conhecimento que está sendo aplicado, instigar mudanças de atenção ou fixação de atenção quanto à entrada sensorial, e/ou estimular o usuário do instrumento de visualização a alterar os parâmetros do display, para realçar ou suprimir padrões particulares. O processo total é considerado iterativo com a possibilidade que algum esquema potencial, a ser aplicado, seja testado (experimentado) até que apresente um número aceitável de equiparações com as partes da descrição visual.

Algo importante a ser considerado no contexto da visualização cartográfica, é que deve haver diferenças significativas entre os esquemas disponíveis para especialistas e não-especialistas. A forma com que especialistas interagem com instrumentos de visualizações é diferente de não-especialistas. Especialistas quando manipulam informações em uma situação relacionada a um problema levantam hipóteses, procuram testá-las, e verificar se as suas prováveis soluções se aplicam ao problema. Todavia, mesmo entre especialistas, alguns devem se beneficiar mais do que outros de instrumentos para visualização (MACEACHREN, 1995).

Nesta pesquisa aplicou-se a teoria sobre visualização cartográfica e cognição espacial, considerando o caso específico dos cientistas de solo. Sabe-se, que mesmo existindo essa sistematização dos tipos e formas de representação do conhecimento, envolvido no processo de aquisição de conhecimento espacial, muitas questões continuam sem respostas. O entendimento de como se adquire conhecimento a partir de mapas ainda será objeto de investigação por algum tempo. No presente, pesquisas estão sendo desenvolvidas com o intuito de suprir esta falta de conhecimento. Estas, em grande parte, estão estritamente ligadas aos delineamentos traçados na agenda de pesquisa apresentada em 2001, pela Comissão sobre Visualização e Ambientes Virtuais da Associação Cartográfica Internacional, as quais representam uma primeira proposição na busca de explicações para questões sobre a cognição espacial.

## 4 SOLOS

Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), o solo é um recurso natural básico, que suporta toda a cobertura vegetal da Terra, sem a qual os seres vivos não poderiam existir. Nessa cobertura, incluem-se não só as culturas, como todos os tipos de árvores, gramíneas, raízes e herbáceas que podem ser utilizadas pelo homem. Além dessa importância natural, o solo ainda tem papel fundamental na sustentação de grandes obras de engenharia, para as quais o seu conhecimento científico é fundamental.

O solo<sup>24</sup> pode ser classificado em um sistema de classes ou grupos, de tal maneira que os tipos individuais são incluídos em grupos relacionados e caracterizados. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), os grupos de solos são muito diferentes em suas características, como também contrastantes no seu uso, e os problemas do seu manejo não são os mesmos. Dessa forma, o conhecimento das principais características físicas do solo como cor, textura, estrutura e porosidade, é de grande importância na orientação dos trabalhos de seu manejo, pois pode contribuir para evitar a adoção de práticas inadequadas e aperfeiçoar o aproveitamento deste como recurso natural.

Segundo Lima (2003), para o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) adotou-se uma abordagem científica para a taxonomia dos solos, na qual os objetos são classificados segundo critérios diversos enfatizando-se as propriedades e características intrínsecas do corpo (solo). Este sistema, conforme EMBRAPA (1999), apresenta seis níveis categóricos, os quais são: 1º Nível (Ordens de Solos); 2º Nível (Subordens de Solos); 3º Nível (Grandes Grupos de Solos); 4º Nível (Subgrupos de Solos); 5º Nível (Famílias de Solos); e 6º Nível (Séries de Solos).

Existe uma hierarquia no detalhamento das informações, conseqüentemente, esta deve ser mantida no produto cartográfico gerado a partir do SBCS. Sendo que o 1º

---

<sup>24</sup> EMBRAPA (1999, p. 05) define o solo como: “[...] uma coleção de corpos naturais constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza, onde ocorrem ocasionalmente e podem ter sido modificados por atividades humanas”.



Nível apresenta o menor e o 6º. Nível o maior detalhamento de informações. No Brasil, conforme Lima (2003), apesar de se ter um sistema taxonômico definido desde 1999, tem-se as classes estruturadas somente até o 4º Nível. Para que esta situação seja contornada são necessários que levantamentos pedológicos detalhados sejam realizados.

O levantamento de dados de solos é realizado através da coleta de material (constituente do solo) a partir de amostras pontuais, cuja localização é selecionada estrategicamente pelos cientistas de solo e a partir das quais os dados são “generalizados” para toda a área em estudo. Essa metodologia apresenta-se consolidada nas ciências do solo. Entretanto, as definições das classes de solo e das unidades de mapeamento são subjetivas, estão diretamente relacionadas às habilidades do cientista de solo em identificar e relacionar elementos no espaço que o permitam determinar áreas críticas quanto às mudanças das propriedades físicas, químicas e estruturais do solo. Os elementos naturais observados e relacionados às propriedades do solo, em grande parte, são: geomorfologia, litologia, clima e vegetação. Para que se possa entender a complexidade da coleta de dados pedológicos a seguir serão apresentadas as principais etapas de um levantamento de solos.

#### **4.1 LEVANTAMENTO DE SOLOS**

Os levantamentos de solos compreendem uma série de procedimentos normativos que visam, principalmente, a caracterização do corpo solo. Esses, segundo IBGE (1994), envolvem pesquisas de gabinete, campo e laboratório, compreendendo o registro de observações, análises e interpretações de aspectos do meio físico e de características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas dos solos, visando a sua caracterização e classificação.

Em um levantamento os solos semelhantes, quanto às propriedades consideradas, são reunidos em classes. As classes de solos combinadas com informações e relações do meio ambiente constituem a base fundamental para a composição de unidades de mapeamento (EMBRAPA, 1995). Uma unidade de mapeamento é um agrupamento de unidades taxonômicas de solos, estabelecido para

possibilitar a representação em mapas e mostrar a distribuição espacial, extensão e limites dos solos.

EMBRAPA (1995) considera como objetivo principal de um levantamento pedológico a subdivisão de áreas heterogêneas em parcelas mais homogêneas, que apresentem a menor variabilidade possível, em função dos parâmetros de classificação e das características utilizadas para distinção dos solos. Para IBGE (1994) o propósito fundamental de um levantamento pedológico consiste no fornecimento de informações relacionadas à natureza do solo, suas propriedades, distribuição geográfica e extensão territorial. Em resumo, os objetivos gerais dos levantamentos de solos, conforme IBGE (1994) e Larach (1983), podem ser apresentados como:

- Determinar as características dos solos;
- Classificar os solos em unidades definidas num sistema uniforme de classificação, de acordo com nomenclatura padronizada;
- Estabelecer e locar seus limites de solos, mostrando em um mapa a sua distribuição e o seu arranjo; e
- Prever e determinar sua adaptabilidade a diferentes aplicações.

Pode-se dizer que através de um levantamento procura-se identificar e separar unidades de mapeamento. O produto final é um (ou mais de um) mapa com legenda e um texto explicativo, que define, descreve e interpreta, para diversos fins, as classes de solos componentes das unidades de mapeamento. O mapa representa a distribuição espacial de características dos solos e a composição de unidades de mapeamento, em termos de unidades taxonômicas, ressaltando, também, características do meio ambiente (EMBRAPA, 1995).

As unidades taxonômicas básicas possuem uma função única no levantamento de solos. Elas estabelecem o vínculo entre a realidade física dos solos na natureza e o conceito mental de classe taxonômica. Elas não são independentes da taxonomia e, por essa razão, diferem de acordo com os critérios empregados num sistema de classificação (VIEIRA; SANTOS, 1975<sup>25</sup> apud EMBRAPA, 1995; ARNOLD, 1983<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. dos. **Amazônia, seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975.

apud EMBRAPA, 1995). Isso significa que as unidades taxonômicas são, não completamente, dependentes do sistema taxonômico e podem variar de acordo com o adotado. Uma prova deste vínculo é que dentro de uma determinada unidade de solos não se encontram dois perfis exatamente idênticos (LARACH, 1983).

A definição de unidades taxonômicas é fruto de um processamento mental do cientista de solo, que o permite estabelecer os relacionamentos das variáveis observadas e a partir daí tomar a decisão (quanto aos limites das unidades taxonômicas). Todavia, mesmo os pesquisadores tendo a mesma formação acadêmica, as experiências individuais são impares e próprias de cada indivíduo, o que influencia a tomada de decisão. Como consequência, temos que um mesmo mapeamento de solos realizado por diferentes cientistas de solo, apresenta resultados distintos quanto aos limites dos corpos identificados.

Um aspecto importante do levantamento de solos diz respeito à escala do material básico, que, segundo IBGE (1994), deve ser selecionada tendo em vista a compatibilização cartográfica entre o nível de detalhamento ou nível de generalização, previstos para o levantamento e o mapa final de solos. Deve ser considerado, ainda, que um levantamento pedológico deve ser executado sobre material básico em escala que seja, normalmente, um pouco maior que a escala final de apresentação do mapa.

Para Larach (1983) um bom levantamento de solos, para preencher suas finalidades, deve ser científico na sua concepção e prático nos seus propósitos. Científico no sentido de atender aos rigores que uma investigação científica exige, além de apresentar uma metodologia definida. Prático, pois deve objetivar resultados mensuráveis e ter a execução e a aplicação compatíveis. O produto final de um levantamento, o mapa de solos, pode ser classificado em mapa compilado e autêntico ou original. Mapas autênticos ou originais são feitos no campo e baseiam-se em observações diretas dos solos. Mapas compilados são feitos no escritório, com base em dados preexistentes, referentes a solos e assuntos correlatos como: geologia, geomorfologia, relevo, vegetação e clima (LARACH, 1983).

---

<sup>26</sup> ARNOLD, R. W. Concepts of soil and pedology. In WILDING, L. P.; SMECK, N. E.; HALL, G. F. **Pedogenesis and soil taxonomy**: I. Concepts and interactions. Amsterdam: Elsevier, 1983. p. 1-21.

Conforme EMBRAPA (1995) um levantamento de solos envolve a definição das **unidades básicas de referência**; das **fases de unidades de mapeamento**; dos **métodos de prospecção**; da **densidade de observações**; da **frequência de amostragem**; da(s) **base(s) de referência**; e dos **tipos de levantamentos**. A seguir são descritas cada uma dessas fases do levantamento de solos.

#### **4.1.1 Unidades básicas de referência e fases de unidades de mapeamento**

Em taxonomia de solos o indivíduo solo não é perfeitamente distinto, é uma entidade imaginária, criada artificialmente por conveniência (KNOX, 1965<sup>27</sup> apud EMBRAPA, 1995). O indivíduo solo é uma concepção teórica. É alguma coisa dentro de certos limites estabelecidos pela mente humana e não coincide com as regras da natureza (EMBRAPA, 1995).

Em universos de natureza contínua, como o solo, indivíduos assim criados pela mente humana são artificiais, de limites arbitrários, sendo, portanto, segmentos de uma população contínua, com superposição de inúmeras propriedades. De acordo com Wambeke (1966)<sup>28</sup> citado por EMBRAPA (1995), uma unidade básica de referência para a taxonomia de solos deveria preencher as seguintes condições:

- Observável e mensurável em três dimensões, incluindo toda a espessura do solo;
- Independente de qualquer sistema taxonômico;
- Limites nítidos, ainda que arbitrariamente fixados; e
- Dimensões convenientes para estudo, mensuração e amostragem.

Como relatado, pode-se perceber que a definição de unidades básicas de referência para o mapeamento de solos, envolve o processamento cognitivo. Como no ato da tomada de decisão o cientista de solo raramente tem representações espaciais de solos ou propriedades de solos (a não ser mapas de pluviosidade, vegetação natural, litologia, clima, relevo), este deve mentalmente processar informações que são

---

<sup>27</sup> KNOX, E. G. Soil individuals and soil classification. **Soil Science Society of América Proceedings**, v. 29, p. 79-84, 1965.

<sup>28</sup> WAMBEKE, A. Van. Soil bodies and soil classification. **Soils and Fertilizers**, Oxon, v. 29, p. 507-510, 1966.

coletadas em pontos discretos do espaço, juntamente com as características naturais da área, para em seguida tomar decisão quanto aos limites de solos. Este processo envolve a generalização de informação que espacialmente foram coletadas em alguns pontos discretos para um ambiente contínuo.

Este processamento mental necessita de um esforço cognitivo grande por parte do cientista de solo. Envolve relações entre o conhecimento *a priori* armazenado no cérebro e informações novas que estão sendo adquiridas e processadas. Como cada indivíduo apresenta características e experiências únicas, variáveis como cultura e ambiente de vivência, influenciam no resultado.

As principais unidades básicas de referência para estudo de solos são: o **pedon** e o **polipledon**, o **perfil de solo**, a **unidade taxonômica** e a **unidade de mapeamento**. Em um levantamento podem ser utilizadas mais de uma unidade básica de referência.

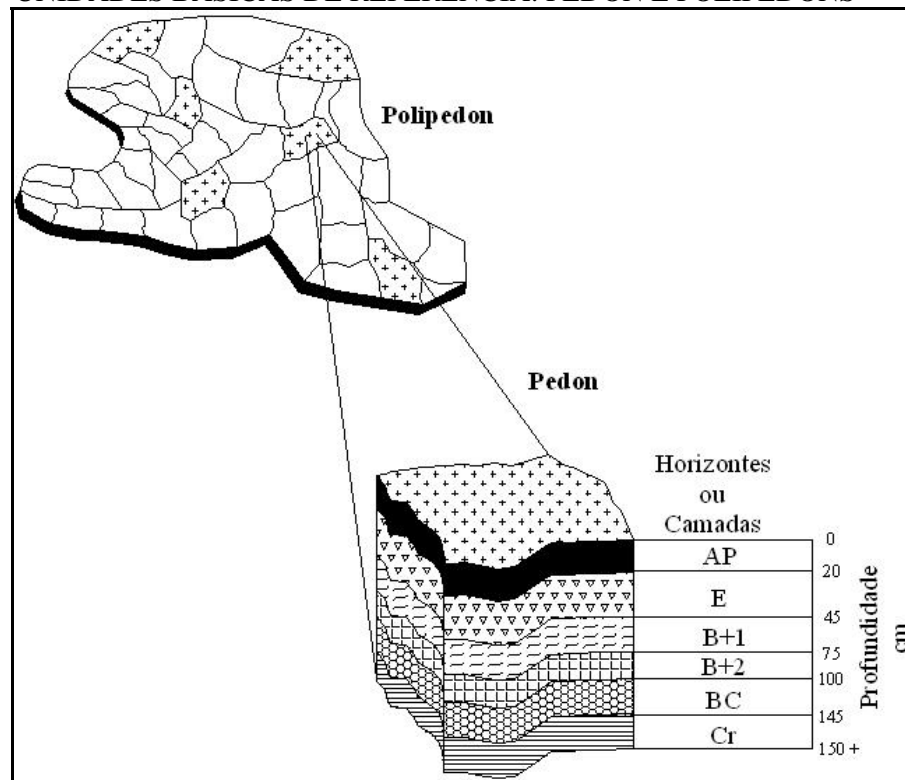
O **pedon** é uma unidade básica de referência em três dimensões, tem limites e dimensões arbitrárias, cuja área é determinada pela variabilidade lateral das características utilizadas em taxonomia de solos. Não possui limites concretos, muitas características se sobrepõem às de outros pedons os quais existem em um número infinitamente grande. Os limites laterais de um pedon são outros pedons, identificados e diferenciados por um conjunto de características utilizadas em taxonomia de solos. Verticalmente, estende-se até a rocha-matriz ou material originário e é constituído por uma seqüência vertical de horizontes formados por processos pedogenéticos, ou por simples estratificação de camadas (EMBRAPA, 1995).

**Polipledon** é uma área de solos constituída por agrupamento de pedons semelhantes, cujos limites laterais coincidem com os limites de outros conjuntos de pedons e cuja profundidade é determinada pelos pedons que o constituem (SCHELLING, 1970<sup>29</sup> apud EMBRAPA, 1995). A Figura 5 ilustra a diferença entre pedon e polipledon.

---

<sup>29</sup> SCHELLING, J. Soil gênesis, soil classification and soil survey. **Geoderma**, v. 4, p. 165-193, 1970.

FIGURA 5 - UNIDADES BÁSICAS DE REFERÊNCIA: PEDON E POLIPEDONS



NOTA: Unidades básicas de referência em taxonomia de solos para fins de levantamentos pedológicos e interpretações de uso, manejo e conservação dos solos.

FONTE: Adaptado de EMBRAPA (1995)

Para EMBRAPA (1995), um **perfil de solo** pode ser definido como um corte vertical na superfície da Terra, incluindo todos os horizontes pedogeneticamente inter-relacionados e, também, camadas mais profundas ou mesmo próximas à superfície, que tenham sido pouco influenciadas pelos processos pedogenéticos.

Para Barros (1985) o perfil pedológico é entendido como a secção vertical de um solo que se estende da superfície ao material de origem, e mostra uma série de fatias aproximadamente horizontais, denominadas horizontes ou camadas. EMBRAPA (1995) afirma que para efeito de descrição morfológica e amostragem, o perfil é completamente designado quando todas as camadas e horizontes identificados são descritos, coletados e analisados. É designado complementar quando a descrição e análise são efetuadas somente em algumas camadas ou horizontes selecionados.

Conforme IBGE (1994), o local para descrição do perfil varia de acordo com as finalidades, que podem ser diversas, como: identificação e caracterização de unidades de mapeamento; estudo de unidades taxonômicas; estudo da gênese do solo;

caracterização de problemas específicos em determinadas áreas (manejo, fertilidade, trabalhos de engenharia, etc.). No caso particular do levantamento de solos, o objetivo final é a caracterização das unidades de mapeamento e taxonômicas.

Exames gerais de perfis de solos podem ser feitos em cortes de estradas durante o mapeamento, mas para exames detalhados este procedimento deve ser evitado, salvo se os cortes forem recentes e, mesmo assim, após a limpeza cuidadosa do perfil. Normalmente, para descrições e coleta de amostras, procede-se à abertura de trincheiras, atingindo, sempre que possível, o material originário (rocha). Neste caso, deve-se ter o cuidado de obter, pelo menos, uma face vertical que seja lisa e bem iluminada, a fim de exibir claramente o perfil. A superfície não deve ser alterada (EMBRAPA, 1995; BARROS, 1985).

Descrições sucintas podem ser feitas nos cortes de estradas, ou em voçorocas causadas pela erosão, onde se procura separar os diferentes horizontes ou camadas e identificar as características para a identificação do solo, de acordo com o serviço que se está executando. Em áreas onde não existem cortes de estrada, efetua-se o estudo do perfil do solo com o uso do trado holandês ou caneco. Ocorrem situações especiais em que a caracterização do solo (identificação, descrição e coleta de amostras) pode ser feita aproveitando-se barrancos em margens de rios (IBGE, 1994).

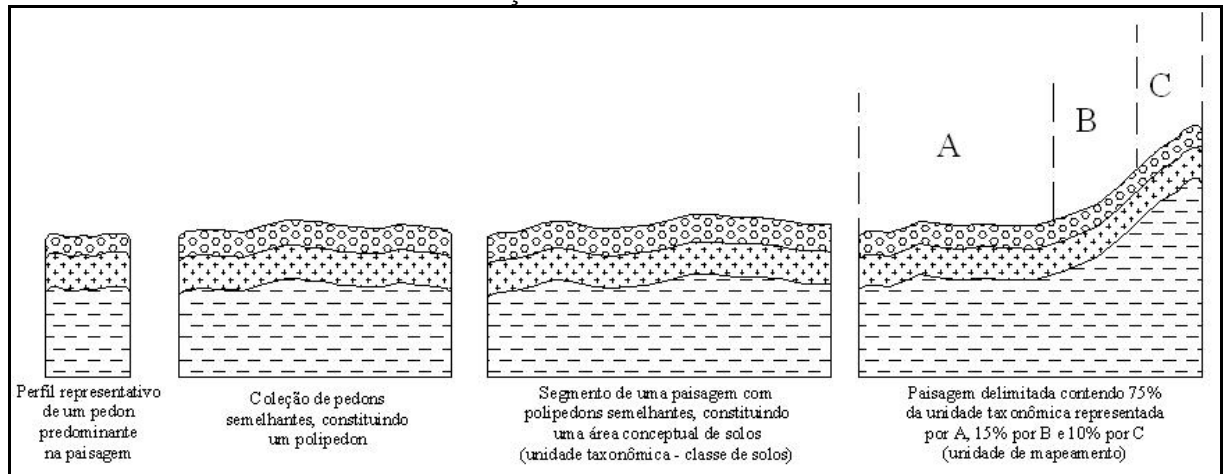
Barros (1985) faz uma crítica ao uso do perfil vertical como unidade básica de referência. Segundo este autor, o perfil vertical é uma visão incompleta do solo, através do qual é impossível representar a estrutura natural desse corpo, pois as variações laterais não são observadas e assinaladas. O destaque é dado para as variações verticais e mesmo assim, nem sempre evidenciando como as passagens entre os horizontes, ou volumes pedológicos, acontecem. Para o autor o perfil não pode representar um indivíduo solo, pois é apenas um corte que se faz na cobertura pedológica. Ele pode ser considerado como uma amostra, mas não como um indivíduo, uma totalidade.

A **unidade taxonômica** (ou classe de solo) é conceituada segundo um conjunto de características e propriedades do solo (EMBRAPA, 1995), conhecidas por meio do estudo de pedons e polipedons e corresponde à unidade de classificação mais homogênea em qualquer nível categórico dos sistemas taxonômicos. A unidade

taxonômica é integrada por um conceito central representado por um perfil de solo modal, que contém as feições mais usuais das propriedades de todos os solos de uma classe. Além de outros perfis, estreitamente relacionados, que variam em relação ao conceito central, mantendo, no entanto, a variabilidade de propriedades dentro de limites previamente definidos (IBGE, 1994).

As **unidades de mapeamento** são áreas de solos definidas em função das unidades taxonômicas que as compõem. As características e propriedades dos solos componentes de uma unidade de mapeamento são definidas pelas descrições e conceituações das unidades taxonômicas que entram em sua composição. Enquanto uma unidade taxonômica é uma classe de solo definida e conceituada, segundo parâmetros de classificação, uma unidade de mapeamento é um conjunto de áreas de solos com relações e posições definidas na paisagem. Uma unidade de mapeamento é estabelecida e definida para possibilitar a representação cartográfica e mostrar a distribuição espacial de unidades taxonômicas (EMBRAPA, 1995). A Figura 6 ilustra a diferença entre unidade taxonômica e unidade de mapeamento.

FIGURA 6 - CONCEPÇÃO DE CLASSES DE SOLOS E UNIDADES DE MAPEAMENTO SEGUNDO O PRINCÍPIO DE AGREGAÇÃO



NOTA: Perfis semelhantes identificados no campo são agrupados para formar classes de solos (unidades taxonômicas) que por sua vez são reunidas para formar áreas mapeáveis (unidades de mapeamento).

FONTE: Adaptado de EMBRAPA (1995)

Uma unidade de mapeamento pode ser designada por uma única unidade taxonômica (unidade simples) ou por várias unidades taxonômicas (unidade



combinada). Numa unidade simples, há predominância de uma classe de solos, com variações mínimas de características e propriedades. No mínimo 70% dos pedons em cada delimitação de uma unidade simples devem pertencer à classe taxonômica que lhe dá o nome. Entre as unidades combinadas, são de maior relevância para os levantamentos pedológicos, as associações, os complexos e os grupos indiferenciados de solos. Em sua composição, entram dois ou mais componentes (EMBRAPA, 1995).

A fase de unidades de mapeamento não é uma unidade de classificação. É um recurso utilizado para evidenciar diferenças de importância prática entre unidades de mapeamento (DENT; YOUNG, 1981<sup>30</sup> apud EMBRAPA, 1995). A fase é utilizada para indicar mudanças na morfologia, feições do meio físico e comportamento dos solos para fins específicos de uso e manejo. Em qualquer tipo de levantamento, a fase serve para subdividir unidades de mapeamento, segundo características relacionadas ao uso do solo, como pedregosidade, rochiosidade, erosão, drenagem, relevo, declividade, vegetação ou qualquer outra característica importante para os objetivos do levantamento (EMBRAPA, 1995).

#### **4.1.2 Métodos de prospecção, densidade de observações e frequência de amostragem**

Os métodos de prospecção utilizados em levantamentos pedológicos visam à coleta de dados, descrição de características dos solos no campo e a verificação de limites entre unidades de mapeamento. Os métodos de prospecção servem ao propósito fundamental de execução de observações de campo, coleta de amostras e mapeamento dos solos (EMBRAPA, 1995). Segundo IBGE (1994) os métodos usuais de prospecção compreendem, principalmente, caracterizações ao longo de transeptos; estudo de topossequências e sistemas de malhas.

Para EMBRAPA (1995) não existe consenso sobre a densidade de observações estabelecida para levantamentos pedológicos. No entanto, são registrados por diversos autores, em várias partes do mundo, números que variam de 0,25 a 5 observações por cm<sup>2</sup> de mapa. Segundo EMBRAPA (1995) os cientistas de solos concordam que estes

---

<sup>30</sup> DENT, D.; YOUNG, A. **Soil survey and land evaluation**. London: Allen & Unwin, 1981.

são números teóricos e que a densidade de observações é função: do tipo do levantamento; da escala de mapeamento; da extensão e da homogeneidade ou heterogeneidade da área de trabalho; e da eficiência da análise e interpretação por fotos aéreas, imagens de radar e satélites e os recursos de geoprocessamento disponíveis (EMBRAPA, 1995).

Para EMBRAPA (1995), a frequência de amostragem refere-se ao número de perfis completos e complementares, e de amostras extras, descritos e coletados num levantamento pedológico, para determinação de propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos.

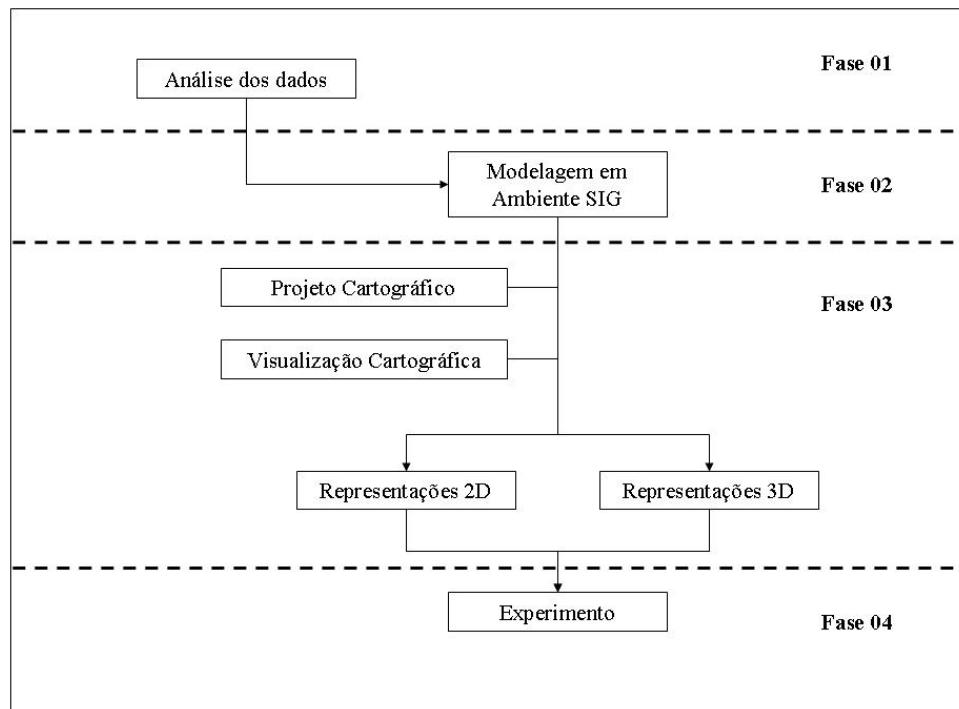
#### **4.1.3 Bases de referência**

Bases de referência compreendem o material cartográfico, consistindo de cartas planialtimétricas, imagens de radar e de satélites, fotografias aéreas, carta-imagem de sensores orbitais, levantamentos topográficos convencionais e restituições aerofotogramétricas. Além deste material básico, os levantamentos utilizam as informações contidas nos mapas pedológicos preexistentes, mapas geológicos, geomorfológicos, climáticos, fitogeográficos e outros que permitam a obtenção e a utilização de informações preliminares sobre o meio ambiente e o uso da terra (EMBRAPA, 1995).

## 5 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa foi construída em conformidade com os objetivos específicos. A figura 7 ilustra a organização da metodologia. Na fase metodológica um (Fase 01) aconteceu a análise de dados, a partir da qual foi selecionada a área piloto. Essa fase foi extremamente importante, pois a viabilidade do desenvolvimento dessa pesquisa esteve condicionada à existência dos dados adequados para a construção das representações em duas e em três dimensões.

FIGURA 7 – ORGANIZAÇÃO DA METODOLOGIA



Na fase metodológica dois (Fase 02) os dados levantados foram modelados em um ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), para posteriormente, na fase metodológica três (Fase 03), serem construídas as representações em duas e em três dimensões. Na construção dessas representações foram seguidos estudos conduzidos sobre projeto cartográfico e a teoria sobre visualização cartográfica.

Os estudos conduzidos sobre projeto cartográfico foram importantes para a sistematização da construção das representações, quando se procurou cumprir as sete

etapas de projeto previstas por Sluter (2005), além de uma oitava, que consistiu na avaliação das representações. As sete etapas de um projeto cartográfico segundo Sluter (2005) são: conhecer os usuários e suas necessidades, definir as informações temáticas, classificar as informações, definir a base cartográfica, definir a escala do mapa, coletar e analisar os dados e construir a linguagem cartográfica.

A teoria sobre visualização cartográfica foi importante na definição das características das representações. Para as representações em três dimensões a aplicação dessa teoria foi fundamental, principalmente na identificação das funções necessárias para a interação dos sujeitos com as representações e na elaboração da interface do aplicativo construído.

A fase metodológica quatro (Fase 04) consistiu na avaliação das representações. Para essa avaliação foi construído um experimento, com o qual se procurou medir a eficiência das representações (2D ou 3D) no auxílio à definição do número de perfis e no esboço inicial das classes de solos, na fase de planejamento do levantamento de solos. Na seqüência descreve-se o passo a passo da metodologia.

## 5.1 RECURSOS UTILIZADOS

Para a realização dessa pesquisa utilizou-se como equipamentos: um *notebook HP (Hewlett-Packard) Pavillion DV6120US* com sistema operacional *Windows XP* (Licença adquirida na compra do equipamento) e um aparelho *Pen Drive MP3 Player* gravador de voz. Contabilizou-se gastos: com impressão dos mapas utilizados no experimento, num total de trinta e dois mapas, tamanho A2 (420 X 594 milímetros); com telefone para agendar o experimento com cientistas do solo; e com deslocamentos, para orientação acadêmica e realização dos experimentos.

Para as atividades de geoprocessamento foi utilizado o *software SPRING* (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O SPRING é gratuito e está disponível na página do INPE. Para confecção dos mapas bidimensionais foi utilizado o *software ArcGIS* da ESRI, cuja licença pertence ao Departamento de Geomática, Laboratório de Cartografia, da Universidade Federal do Paraná.

O MATLAB (*MATrix LABoratory*) foi utilizado para a implementação de um “filtro” para os MDT’s (Modelos Digitais de Terreno). O MATLAB é um *software* interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. Ele é comercial e a licença utilizada pertence ao Departamento de Geomática, Laboratório de Cartografia, Universidade Federal do Paraná. Este *software* integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos, em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional.

Para gerar as representações tridimensionais foi utilizado o padrão X3D, o qual pode ser definido segundo o *Web3DConsortium* como um padrão aberto para publicar conteúdo em três dimensões. X3D não é uma API (*Application Programming Interface*) de programação, tão pouco um formato de arquivo para troca de geometrias. Ele combina ambos, geometria e descrições de comportamentos instantâneos, em um simples arquivo, que tem inúmeros formatos, incluindo o XML (*Extensible Markup Language*).

X3D pode ser considerada uma evolução da especificação ISO VRML97 (*Virtual Reality Modeling Language*), a qual incorporou os avanços dos recursos disponíveis nos últimos dispositivos gráficos comerciais, tanto quanto melhoras na sua arquitetura, baseadas nos anos de retorno da comunidade de desenvolvimento do VRML97. O padrão X3D não será detalhado neste trabalho, os interessados podem pesquisar no site do *Web3DConsortium*<sup>31</sup>.

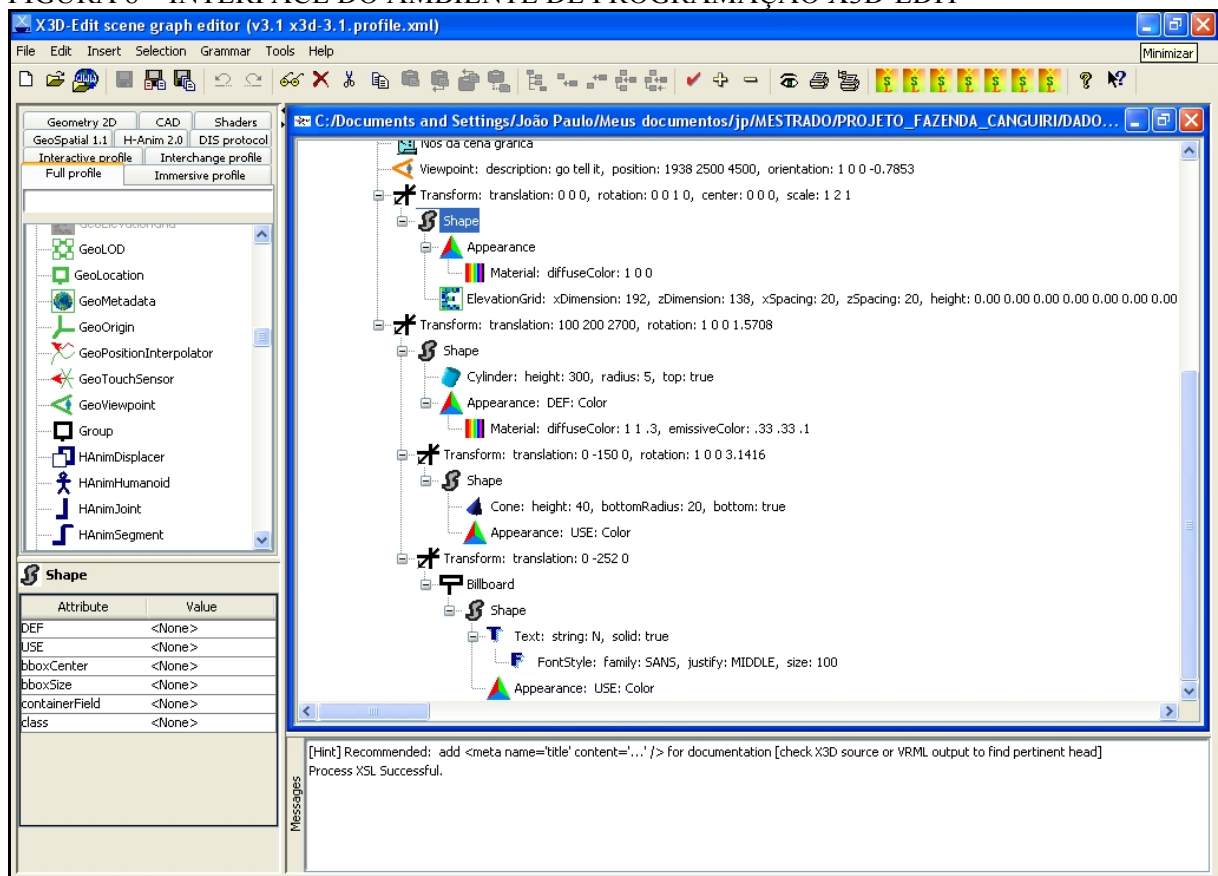
Para codificar as representações em três dimensões foi utilizado o ambiente X3D-EDIT, o qual é um *software* livre (Licença GPL - *General Public License*). A figura 8 apresenta uma visão geral deste ambiente. Na barra de menus superior existe uma série de ícones que permitem ao usuário acessar funções implementadas no X3D-EDIT, entre elas: gerar o código X3d, salvar e validar a codificação. Na janela esquerda, parte superior existe um conjunto de nós utilizados para gerar a cena em três dimensões. Na parte inferior dessa janela existe uma área com os atributos do nó

---

<sup>31</sup> Web3DConsortium. Open Standards for Real-Time 3D Communication. The message boards cover topics on X3D, Xj3D and more. Disponível em: <http://www.web3d.org/x3d/>. Acesso em março de 2007.

selecionado, para que o usuário entre com os respectivos valores. Na janela da direita, parte superior, existe a área na qual o usuário gera a sua cena em três dimensões e na parte inferior está localizada a janela de mensagens. Para mais informações sobre o X3D-EDIT consultar a sua página na *internet*<sup>32</sup>. No apêndice C apresenta-se o código de uma das representações X3D construídas nessa pesquisa.

FIGURA 8 – INTERFACE DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO X3D-EDIT



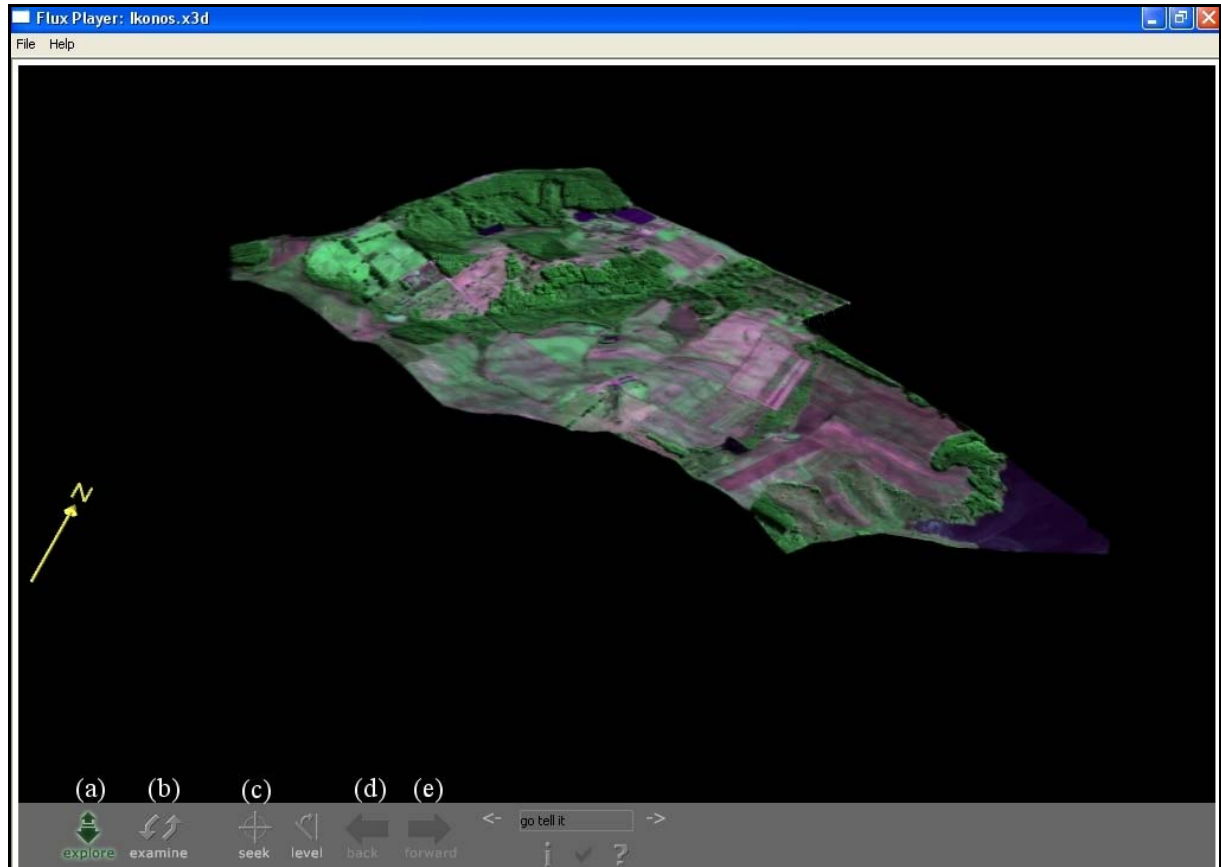
O software GIMP (*GNU Image Manipulation Program*), cuja licença é GPL (*General Public License*), foi utilizado no tratamento das imagens temáticas geradas. O GIMP permite editar e criar imagens e está disponível em seu site oficial<sup>33</sup>.

<sup>32</sup> X3D-Edit for Extensible 3D (X3D) Graphics. Disponível em: <http://www.web3d.org/x3d/content/README.X3D-Edit.html>. Acesso em março de 2007.

<sup>33</sup> GIMP – GNU Image Manipulation Program. Disponível em: <http://www.gimp.org/>. Acesso em março de 2007.

Para visualizar os arquivos gerados em X3D foi utilizado o *media player Flux Player* o qual é gratuito para usos não comerciais. A figura 9 apresenta a interface dele e as letras identificam as principais funções descritas a seguir.

FIGURA 9 – INTERFACE DO *FLUX PLAYER*



(a) Modo *Explore*: usado para andar (*walk*) e voar (*fly*) sobre os mundos virtuais.

- Botão esquerdo do *mouse*: ativa o movimento na cena. Move a cena para esquerda e para a direita, em concordância com os movimentos do usuário. Mantendo a tecla *shift* pressionada os movimentos ficam mais rápidos.
- Botão central do *mouse*: aproxima e afasta a cena.
- Botão direito do *mouse*: ativa o movimento *pan* sobre a cena.

(b) Modo *Examine*: usado para examinar a cena em três dimensões em movimento.

- Botão esquerdo do *mouse*: ativa uma rotação. Pressionado, permite ao usuário girar o mundo virtual sobre um centro de rotação.

- Botão central do *mouse*: Ativa o *Zoom*. Pressionado para cima ativa o *zoom in*, para baixo o *zoom out*.
- Botão direito do *mouse*: ativa o movimento *pan* sobre a cena. Para cima e para baixo, ou para a esquerda e para a direita.

(c) Botão *Seek*: clicando neste botão e em qualquer parte da cena, a visualização concentra-se diretamente no ponto selecionado.

(d) Botão *back*: clicando neste botão retorna-se à última visualização da cena.

(e) Botão *forward*: clicando neste botão avança-se a visualização.

O aplicativo desenvolvido para visualizar as representações tridimensionais foi implementado em HTML (*HyperText Markup Language*). HTML é uma linguagem de marcação utilizada para codificar páginas da *web*, a qual é interpretada por navegadores de *internet*. Para editar o aplicativo em HTML foi utilizado o editor HTML *AceHTML Freeware*, o qual é desenvolvido pela *Visicom Media Inc.*, é gratuito e está disponível na página do seu desenvolvedor<sup>34</sup>. Esse editor apresenta uma série de funcionalidades que tornam a codificação de páginas em HTML rápida e simples. Além disso, o *AceHTML* permite integração com as linguagens php, java, javascript, xml, perl, asp, xhtml e wml.

Um resumo dos softwares utilizados e respectivas características quanto à propriedade autoral é apresentado no quadro 1.

QUADRO 1 – SOFTWARES E CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE AUTORAL

Software	Característica da Propriedade Autoral
AceHTML	Gratuito
ArcGIS	Comercial
Editor de textos Open Office	Livre
Flux Player	Gratuito para usos não comerciais
GIMP	Livre
MATLAB	Comercial
Planilha de Cálculo Open Office	Livre
SPRING	Gratuito
X3D-EDIT	Livre

<sup>34</sup> AceHTML Freeware. Disponível em: <http://software.visicommedia.com/en/products/acehtmlfreeware/>. Acesso em março de 2007.

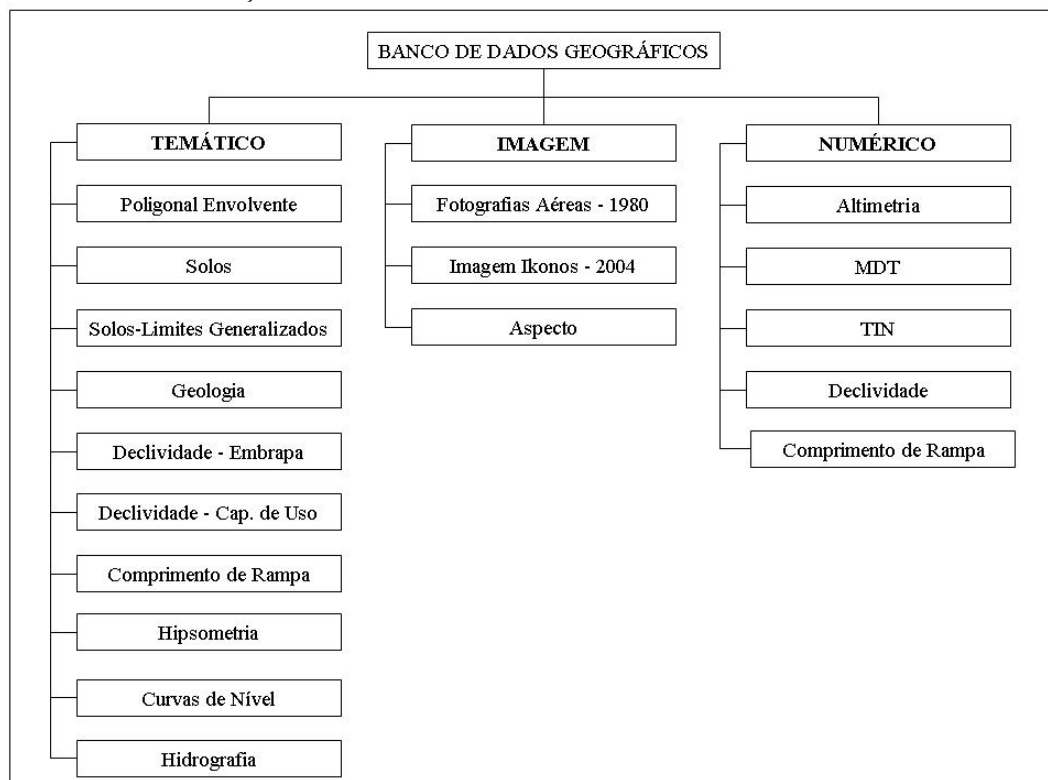


## 5.2 TRATAMENTO DOS DADOS ESPACIAIS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário selecionar uma área para a qual existisse uma base cartográfica, um mapa de solos e um mapa geológico, em escalas compatíveis. Em reuniões com professores do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, optou-se pela Fazenda Experimental Canguiri como área piloto, pois, para essa área existe uma base de dados cartográficos digitais planialtimétricos e mapa de solos na escala 1:10000; fotografias aéreas de 1980 e imagem de satélite Ikonos de 2004, material que foi cedido para a realização do trabalho. A base de dados cartográficos digitais geológicos foi adquirida junto à Minerais do Paraná S/A (MINEROPAR).

Os dados recebidos estavam nos formatos: tif, dxf e shape. Estes foram importados para um banco de dados geográfico. O software utilizado para realizar o processamento dos dados foi o SPRING. Para organizar os dados no ambiente SPRING seguiu-se o modelo de dados conceitual implementado neste sistema. A figura 10 apresenta a organização dos dados espaciais.

FIGURA 10 – ORGANIZAÇÃO DOS DADOS CARTOGRÁFICOS NO AMBIENTE SPRING



Para modelar os dados foram utilizadas as categorias: temático, imagem e modelo numérico do terreno (MNT). Conforme Camara et al. (1996) as categorias utilizadas no SPRING para modelar os dados podem ser definidas como:

- Temático: refere-se a dados que classificam uma posição geográfica quanto a um determinado tema, podem ter representação vetorial ou matricial;
- Imagem: refere-se a dados provenientes de Sensoriamento Remoto em formato matricial; e
- Numérico: refere-se a dados que possuem uma variação contínua de seus valores numéricos em função de sua posição na superfície.

No modelo **numérico** foram categorizados os seguintes dados:

- Altimetria: composta por curvas de nível com equidistância de cinco metros e pontos cotados.
- Modelo Digital do Terreno (MDT): gerado a partir da altimetria com o interpolador “média ponderada cota quadrante”<sup>35</sup>, em várias resoluções, para as diferentes necessidades dessa pesquisa.
- Grade Triangular (TIN): gerada a partir da altimetria utilizando-se a “Triangulação de Delaunay”<sup>35</sup> com linhas de quebra.
- Declividade: gerada em porcentagem a partir da grade triangular.
- Comprimento de Rampa: gerada através da função “mapa de distâncias”<sup>35</sup> aplicada à rede de drenagem.

No modelo **imagem** foram categorizados os seguintes dados:

- Fotografias Aéreas - 1980: as quais foram georreferenciadas e incorporadas ao banco de dados.
- Imagem Ikonos – 2004: a qual foi georreferenciada e incorporada ao banco de dados.
- Aspecto: gerado a partir do MDT, utilizando-se a função “geração de imagem”<sup>35</sup>, com os parâmetros: sombreada, azimute de 130°, elevação de 30° e exagero de 3.

No modelo **temático** foram categorizados os seguintes dados:

- Solos: trata-se do plano de informações que contém os polígonos das classes de solos para a Fazenda Canguiri.

---

<sup>35</sup> Para mais informações consultar o manual on-line do SPRING, disponível na página do INPE, ou o manual de ajuda do software, ou ainda, Camara et al. (1996).

- Poligonal Envolvente: consiste no polígono que envolve a área da fazenda, o qual foi utilizado como limite da Fazenda Canguiri e como “máscara” em diversas operações de processamento dos dados.
- Solos - Limites Generalizados: este plano de informações foi gerado a partir dos dados de solos da fazenda. Com a ajuda de cientistas de solo foi possível agrupar as classes de solos, generalizando os limites, para que o mapa resultante pudesse ser utilizado na etapa IV do experimento.
- Declividade – Embrapa: declividade gerada considerando os intervalos da Embrapa. Essa declividade foi gerada utilizando-se a função “fatiamento”<sup>35</sup> do plano de informação declividade, categoria **numérico**.
- Declividade – Capacidade de Uso: declividade gerada considerando-se os intervalos de capacidade de uso do solo. Esse plano de informação foi gerado aplicando-se a função “fatiamento”<sup>35</sup> ao plano de informação declividade, categoria **numérico**.
- Comprimento de Rampa: gerado aplicando-se a função “fatiamento”<sup>35</sup> ao plano de informação comprimento de rampa, categoria **numérico**.
- Hipsometria: obtida com base em polígonos gerados a partir das curvas de nível.
- Curvas de Nível: plano de informação criado para geração do mapa planialtimétrico da Fazenda Canguiri, editado a partir das curvas e pontos cotados.
- Hidrografia: plano de informação formado por linhas e polígonos que representam a drenagem da área.

### 5.3 CONSTRUÇÃO DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS EM DUAS E EM TRÊS DIMENSÕES

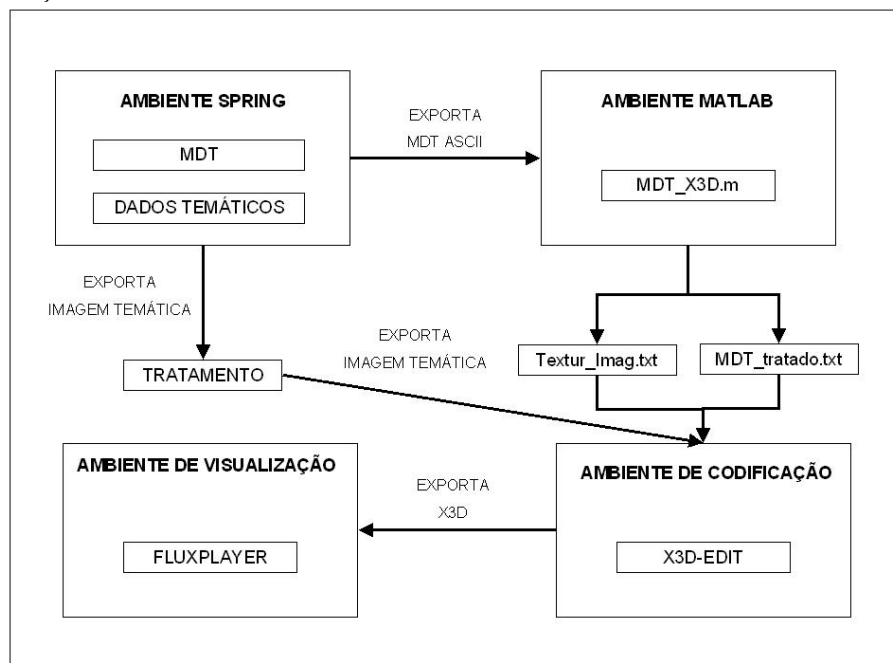
Para criar as representações em duas dimensões foi utilizado o *software* ArcGIS. Pois o módulo de geração de mapas do SPRING, denominado SCARTA, é limitado.

Para gerar estas representações os dados tratados no ambiente SPRING foram exportados nos formatos shape ou geotiff, os quais foram incorporados no ArcGIS para serem geradas as representações. Foram geradas nove representações denominadas: declividade Embrapa, declividade capacidade de uso do solo,

comprimento de rampa, planialtimétrica, limites de solos generalizados, aspecto, imagem Ikonos de 2004, fotografias aéreas de 1980 e hipsometria. Todas estas representações foram geradas na escala 1:10000, impressas em tamanho A2 (420 X 594 milímetros) e encontram-se, em escala reduzida da utilizada no experimento, no apêndice A.

Para gerar as representações em três dimensões foram seguidos os procedimentos ilustrados na figura 11.

FIGURA 11 – FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA GERAR AS REPRESENTAÇÕES 3D



O passo inicial para gerar as representações em três dimensões consistiu em exportar o MDT gerado no ambiente SPRING no formato ASCII. Com os dados gerados a partir do ambiente SPRING não é possível construir uma cena em três dimensões, são necessárias filtragens para adaptar os dados ao formato aceito pela linguagem de programação adotada. Dessa forma, foi necessário implementar um programa para filtrar o MDT e organizar o arquivo de saída, para assim poder-se realizar a codificação em X3D. O programa implementado foi denominado MDT\_X3D.m.

Para implementar o programa MDT\_X3D.m foi utilizado o recurso da extensão de arquivo .m do MATLAB (*MATrix LABoratory*). O código fonte desse programa está disponível no apêndice B.

Uma vez que o MDT tenha sido filtrado, a partir dele foram geradas as representações em três dimensões para a Fazenda Canguiri. Para gerar essas representações foi utilizado o padrão X3D, sendo que para codificar as representações em três dimensões foi utilizado o ambiente de codificação X3D-EDIT (Figura 8).

Para gerar a representação cartográfica em três dimensões foi necessária a sobreposição da imagem temática ao MDT. Primeiramente, cada imagem passou por um processo de tratamento, para o qual foi utilizado o *software* GIMP. Em X3D a imagem é tratada como uma matriz bidimensional, cujos eixos s e t variam de 0 a 1. Para que a imagem se encaixasse sobre o MDT, foi necessário gerar um arquivo denominado *textura\_imagem.txt*, o qual armazena os índices da imagem para cada um dos pontos do MDT. Este arquivo, com os índices da imagem, foi gerado no programa X3D\_MDT.m, implementado no ambiente MATLAB.

Para visualizar os arquivos gerados em X3D foi utilizado o *software media player* *Flux Player* (Figura 9). O *Flux Player* foi utilizado nesta pesquisa devido a sua interface intuitiva e à rápida renderização de cenas em três dimensões.

Para desenvolver as representações em três dimensões foram analisadas as seguintes variáveis: tempo de renderização da representação, tamanho de arquivo e quantidade de pontos por hectare. Essas variáveis foram selecionadas porque são as mais indicadas para se medir a efetividade das representações tridimensionais, antes de serem manipuladas pelos sujeitos.

Não foi encontrado ferramenta ou método preciso para aferir o tempo de renderização da imagem pelo *Flux Player*. Em decorrência, considerou-se o tempo para processamento do MDT, no programa MDT\_X3D.m. Para obtenção da variável tempo de processamento, utilizou-se os valores retornados pelas funções TIC e TOC (implementadas no ambiente MATLAB). Posteriormente, registrou-se com cronômetro o tempo de renderização para dez modelos tridimensionais com densidades de pontos distintas. Os resultados permitiram adotar o valor gerado pelo programa MDT\_X3D.m como estimativa aproximada do tempo de renderização. A

variável tempo foi analisada, pois sabe-se que o sujeito que manipula esse tipo de representação tem seu raciocínio afetado negativamente caso a ferramenta demore muito tempo para carregar a cena.

O tamanho de arquivo X3D foi considerado na análise porque está diretamente relacionado ao tempo de renderização da cena em três dimensões. Com respeito à coerência do MDT à morfologia do terreno, seguiram-se os resultados da pesquisa de Itame (2001). Nessa pesquisa o autor procurou avaliar a densidade de pontos necessária para gerar um MDT que se enquadrasse dentro da classe A do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) =  $1/2$  da equidistância entre curvas de nível; e Erro Padrão (EP) =  $1/3$  da equidistância entre curvas de nível). Suas conclusões mostraram que, em uma escala de 1:3000, são necessários 12 pontos por hectare, para uma área com relevo suave, declividade em torno de 3%. Já para uma área com declividade em torno de 12% são necessários 21 pontos por hectare, com espaçamento de 22 metros entre pontos. Deve-se ressaltar que Itame (2001) considerou uma amostra irregular de pontos em sua pesquisa.

O quadro 2 apresenta a distribuição da declividade para a área da Fazenda Canguiri, conforme o intervalo especificado pela Embrapa. Como se observa aproximadamente 60% da área apresenta declividade entre zero e oito por cento.

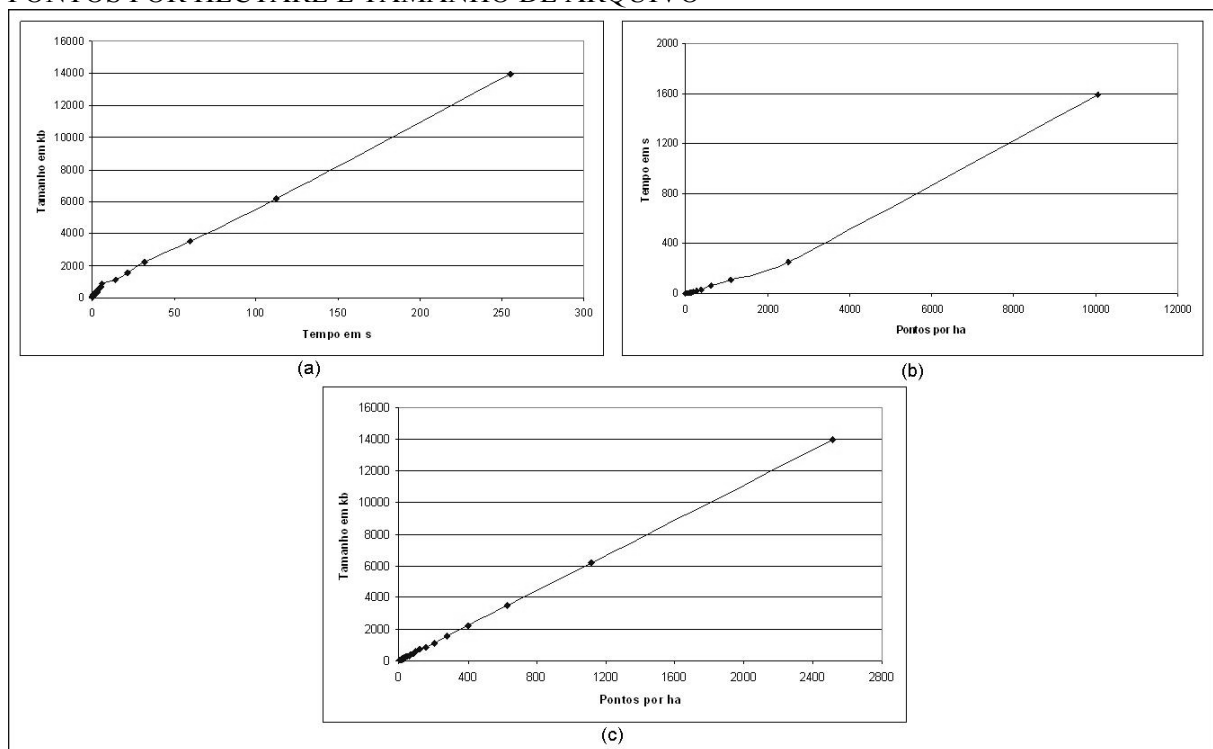
QUADRO 2 – DISTRIBUIÇÃO DA DECLIVIDADE NA FAZENDA CANGUIRI – INTERVALOS EMBRAPA

<b>Intervalos em %</b>	<b>Área em ha</b>	<b>Porcentagem da área total</b>
00,0 – 03,0	103,09	23,66
03,1 - 08,0	157,33	36,06
08,1 - 13,0	110,30	25,27
13,1 - 20,0	55,04	12,60
> 20,0	10,58	2,41

Apesar do trabalho de Itame (2001) ter sido considerado na tomada de decisão, quanto ao número de pontos para gerar o MDT, existe algumas diferenças entre os dados trabalhados nesta pesquisa e os utilizados pelo autor, principalmente porque, a base cartográfica utilizada nesta pesquisa está na escala 1:10000, o MDT não foi gerado a partir de uma amostra irregular de pontos, mas a partir de curvas de nível e pontos cotados, e as grades geradas apresentam distâncias iguais entre pontos.

Antes de se tomar a decisão sobre o espaçamento entre os pontos para gerar as representações em três dimensões, criou-se quarenta MDT's, com equidistância entre pontos variando de um a quarenta metros. Para se decidir qual deles utilizar, considerou-se a correlação entre o tempo de renderização, o tamanho de arquivo e o número de pontos por hectare. Os gráficos da figura 12 apresentam os relacionamentos entre estas três variáveis.

FIGURA 12 – RELACIONAMENTO ENTRE AS VARIÁVEIS TEMPO DE RENDERIZAÇÃO, PONTOS POR HECTARE E TAMANHO DE ARQUIVO



- (a) Correlação entre o tempo de renderização em segundos e o tamanho do arquivo .x3d em kb;  
 (b) Correlação entre o número de pontos por hectare e o tempo de renderização em segundos; e  
 (c) Correlação entre o número de pontos por hectare e o tamanho do arquivo .x3d em kb.

Como se observa na figura 12 todas as variáveis apresentam um coeficiente de correlação muito forte entre si ( $r \approx 1$ , para todos os três cruzamentos). Pode-se afirmar que ambas são diretamente proporcionais, ou seja, aumentando o número de pontos por hectare, o tamanho do arquivo .X3D irá aumentar e, conseqüentemente, o tempo de processamento também aumentará. A partir do comportamento dessas variáveis e, ponderando-se as necessidades do sujeito na manipulação da representação, adotou-se um MDT com equidistância entre pontos de vinte metros e densidade de aproximadamente 26 pontos por hectare. No apêndice D estão todas as imagens das

representações tridimensionais criadas nesta pesquisa, segundo o ponto de vista inicial, aquele visualizado no instante  $t=0$ , antes do sujeito interagir com ela.

## 5.4 DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS

O aplicativo desenvolvido nessa etapa da pesquisa foi implementado em HTML (*HyperText Markup Language*). Essa linguagem de programação foi utilizada por ser simples, amplamente documentada e de fácil integração com a linguagem X3D, utilizada para gerar as representações cartográficas em três dimensões. Além disso, o *media player* utilizado para visualizar as representações (*Flux Player*) pode ser utilizado integrado em páginas HTML. Para editar o aplicativo em HTML foi utilizado o editor HTML *AceHTML Freeware*. A figura 13 apresenta a interface para a etapa III do experimento (no apêndice E encontra-se o código fonte dessa página).

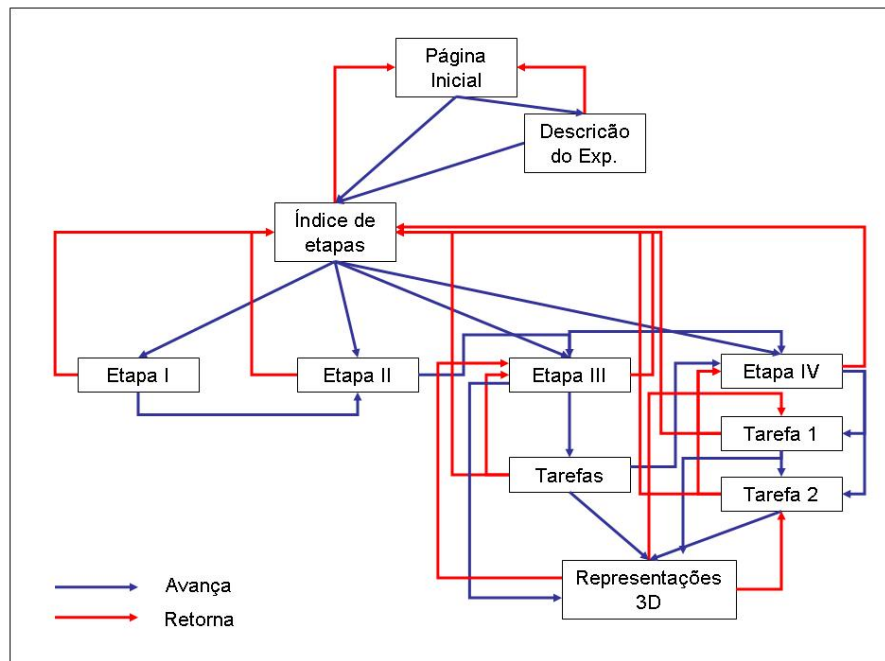
FIGURA 13 – INTERFACE DO APLICATIVO CODIFICADO EM HTML





Na implementação do aplicativo HTML foi considerado como principal critério a necessidade de se criar páginas que não distraíssem a atenção dos sujeitos. Isto porque, para o experimento considera-se fundamental a concentração do sujeito na manipulação das representações e cumprimento das tarefas. A figura 14 apresenta a estrutura das páginas HTML codificadas para gerar o aplicativo, assim como os relacionamentos avança e retorna, os quais foram pensados de forma a não confundir os sujeitos.

FIGURA 14 – ESTRUTURA E RELACIONAMENTO DAS PÁGINAS HTML QUE COMPÕEM O APLICATIVO

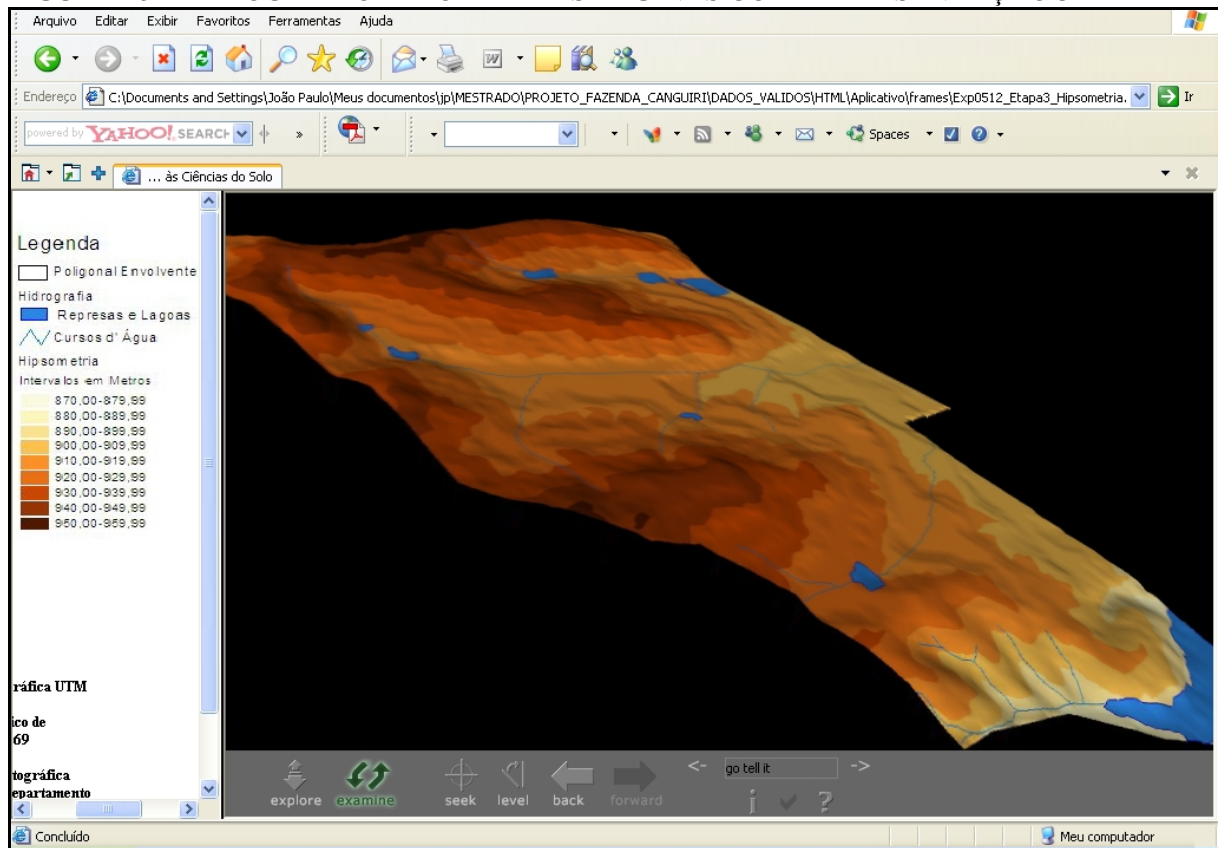


Nas páginas em que foram integradas as representações tridimensionais, procurou-se dimensionar o espaço de maneira que o sujeito visualizasse a legenda e as informações técnicas no lado esquerdo e a representação tridimensional no lado direito, ocupando a maior parte da tela, conforme a figura 15. A qualquer momento o sujeito poderia redimensionar ambas as “janelas”, ou então optar por visualizar a representação na tela inteira.

Uma outra preocupação que se teve na implementação do aplicativo, foi não oferecer muitas opções de “avanço” e “retorno” no momento da visualização das

representações. Pois o excesso de opções neste instante poderia levar o sujeito a se perder no experimento. Tendo em vista esta situação, não foi implementado o recurso “avança” para as páginas que continham representações, a única opção disponibilizada foi “voltar”. Desta maneira o sujeito era forçado a sempre retornar à página que permitia acesso a todas as demais representações, a partir da qual poderia tomar a decisão de acessar outra representação ou avançar ou retornar para uma outra etapa do experimento. A figura 15 apresenta o *layout* utilizado na implementação das páginas que contêm representações tridimensionais.

FIGURA 15 – LAYOUT ADOTADO PARA AS PÁGINAS COM REPRESENTAÇÃO 3D



## 5.5 AVALIAÇÃO DO USO DE REPRESENTAÇÕES BI E TRIDIMENSIONAIS

Para avaliar como o uso das representações bi e tridimensionais estimulam o raciocínio espacial dos cientistas de solo foi planejado um experimento. Os sujeitos que participaram deste experimento são cientistas ligados à Ciência do Solo, os quais

foram divididos em dois grupos: um manipulou representações bidimensionais em meio analógico e o outro manipulou representações tridimensionais (2 ½ D) em ambiente computacional. Para realizar os experimentos utilizou-se um *notebook*, o que facilitou o deslocamento. Os diálogos durante o experimento foram gravados e posteriormente analisados (A transcrição das principais falas registradas durante o experimento encontra-se no apêndice K). Ressalta-se que para a definição do experimento contou-se com a ajuda de cientistas de solos do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. A seguir descreve-se as cinco etapas do experimento.

- **ETAPA I** - Caracterização do sujeito

Nesta etapa foi preenchido um questionário com o sujeito participante do experimento. O objetivo foi conhecer o ambiente ao qual ele está inserido, seu “entendimento” de solo e como este utiliza produtos cartográficos na tomada de decisão quanto ao planejamento do levantamento de solos. O questionário aplicado encontra-se no apêndice F.

- **ETAPA II** - Caracterização da área de estudo

Para esta etapa foi escrito um texto para descrever as características físicas da Fazenda Canguiri. O texto elaborado encontra-se no apêndice G. As informações foram apresentadas sem a utilização de representações cartográficas. O objetivo foi estimular o sujeito a criar imagens mentais sobre o local, instigando-o a raciocinar com base em seus conhecimentos (elaborar mentalmente cruzamentos de variáveis), permitindo-o “carregar” seu esquema de conhecimento sobre solos.

- **ETAPA III** - Utilização dos conhecimentos: Declarativo e Configuracional

Nesta etapa o usuário pôde manipular as representações cartográficas sobre a área do experimento (em duas ou em três dimensões). As representações criadas foram: declividade (intervalos Embrapa), declividade (intervalos capacidade de uso do solo) comprimento de rampa, geologia, aspecto, hipsometria, fotografias aéreas de 1980 e imagem de satélite de 2004. Ressalta-se que destas, apenas o aspecto foi

representado somente em duas dimensões, as demais variáveis espaciais foram representadas em duas e em três dimensões. As representações em duas dimensões encontram-se disponíveis para consulta, em escala reduzida da utilizada no experimento, no apêndice A. As imagens da cena inicial das representações em três dimensões encontram-se disponíveis para consulta no apêndice D.

Após a visualização das representações foi entregue aos sujeitos um mapa planialtimétrico, na escala 1:10000, da Fazenda Experimental Canguiri (primeiro mapa do apêndice A). Com este mapa os sujeitos deveriam cumprir as seguintes tarefas:

- (1) Determinar pontos amostrais (aberturas de perfis) a serem utilizados para realizar o levantamento de solos da área.
- (2) Desenhar possíveis limites de classes de solos e identificá-las no mapa.

As variáveis avaliadas diretamente nesta etapa foram:

- ❑ Tipo de representação;
- ❑ Número de pontos amostrais;
- ❑ Número de Unidades de Mapeamento de Solos (Regiões delimitadas); e
- ❑ Tempo gasto.

As variáveis avaliadas indiretamente nesta etapa foram:

- ❑ Conhecimento declarativo;
- ❑ Conhecimento configuracional; e
- ❑ Esquemas de conhecimento.

#### • **ETAPA IV – Aplicação das Representações Cartográficas aos Mapas de Solos**

Nesta etapa foi apresentado o mapa com os limites generalizados de solos da área (Apêndice J). Para elaborar este mapa os limites de solos do mapa da Fazenda Canguiri foram agrupados no sexto nível do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, segundo a ordem dos solos. Este agrupamento foi realizado pelos cientistas de solos do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

Após a visualização do mapa de solos, com os limites generalizados, os cientistas deveriam cumprir duas tarefas. Inicialmente eles receberam um mapa da área, na escala 1:10000 com os limites de solos generalizados (Apêndice J). A tarefa 1 consistiu no questionamento sobre a possibilidade de subdivisão dos limites

generalizados, uma vez que eles respondessem positivamente, deveriam realizá-la. A subdivisão deveria ser traçada sobre o mapa entregue no início desta etapa. O objetivo desta tarefa foi avaliar o grau de detalhamento sobre os solos da Fazenda Canguiri que os cientistas foram estimulados a raciocinar, depois de visualizar as representações cartográficas.

Depois de cumprida a tarefa 1, a legenda do mapa de solos da Fazenda Canguiri foi entregue aos sujeitos (Apêndice I). Ressalta-se mais uma vez que o mapa de solos da fazenda está no nível 1 (um) de detalhamento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, série de solos.

A tarefa 2 consistiu em perguntar aos sujeitos sobre a possibilidade de identificar algumas daquelas classes de solos apresentadas na legenda, sobre o mapa entregue no início dessa etapa. Uma vez que a resposta fosse positiva, eles deveriam desenhar, pelo menos, a ordem do solo sobre as unidades de mapeamento identificadas. O objetivo desta tarefa foi avaliar qual o tipo de representação foi mais efetiva quanto à identificação das classes de solos existentes na Fazenda Canguiri, na fase de planejamento do levantamento de solos.

As variáveis avaliadas diretamente nesta etapa foram:

- ❑ Tipo de representação;
- ❑ Unidades de Mapeamento de Solos;
- ❑ Classes de solos identificadas (ordem); e
- ❑ Tempo.

As Variáveis avaliadas indiretamente nesta etapa foram:

- ❑ Conhecimento declarativo;
- ❑ Conhecimento configuracional; e
- ❑ Esquemas de conhecimento.

## • **ETAPA V – Comparação entre as representações cartográficas**

Depois de realizado o experimento, ou seja, cumpridas as etapas de I a IV, todas as representações foram apresentadas ao sujeito (2D e 3D). O objetivo foi provocar a análise crítica dos participantes do experimento sobre as representações, considerando a aplicação dessas na Ciência do Solo.

## 5.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO

Para analisar os resultados do experimento foi adotada uma abordagem qualitativa. Na interpretação dos resultados obtidos aplicou-se a teoria de cognição espacial, pois este foi o enfoque desta pesquisa.

Para análise dos resultados da etapa IV, tarefa 2, as denominações apresentadas pelos sujeitos foram comparadas ao mapa de solos da Fazenda Canguiri (Apêndice H) e enquadradas dentro das seguintes categorias: Acerto Completo (AC), quando o sujeito acertou a ordem do solo; Acerto Parcial (AP) quando o sujeito acertou a ordem de pelo menos uma das associações de solos existentes na fazenda (para cada unidade de mapeamento de solo); Acerto Completo mais Acerto Parcial (AC+AP), trata-se apenas da soma dos acertos completos e parciais; e Erro (E) quando o sujeito errou a denominação da ordem do solo.

Foram utilizadas ainda, algumas medidas da estatística descritiva, tais como média, desvio padrão, variância, covariância e coeficiente de correlação, cujas fórmulas são apresentadas a seguir.

- Média: Seja uma série de dados  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , a média aritmética ( $\mu$ ) pode ser definida por:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (01)$$

- Desvio Padrão: Seja uma série de dados  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , o desvio padrão ( $\sigma$ ) pode ser definido por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n}} \quad (02)$$

- Variância: Seja uma série de dados  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , a variância ( $\sigma^2$ ) pode ser definida por:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n} \quad (03)$$

- Covariância: Seja as séries de dados  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , e  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ , a covariância ( $Cov(X, Y)$ ) pode ser definida por:

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y) \quad (04)$$

- Coeficiente de Correlação: Seja as séries de dados  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , e  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ , o coeficiente de correlação ( $r$ ) pode ser definido por:

$$r_{X,Y} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)}{\left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_X)^2}{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)^2}{n}} \right)} = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (05)$$

Para interpretação dos valores do coeficiente de correlação foram considerados os intervalos apresentados no quadro 3.

QUADRO 3 – INTERVALOS UTILIZADOS NA ANÁLISE DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO

<b>r (+ ou -)</b>	<b>Interpretação</b>
0,00 - 0,19	correlação muito fraca
0,20 - 0,39	correlação fraca
0,40 - 0,69	correlação moderada
0,70 - 0,89	correlação forte
0,90 - 1,00	correlação muito forte

Fonte: Adaptado de Rowntree (1981)

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS PARTICIPANTES DO EXPERIMENTO**

Inicialmente se esclarece que ao longo da análise dos resultados adotou-se as terminologias “indivíduo”, “participante”, “sujeito” e “pesquisador colaborador” para se referir aos participantes do experimento, não houve distinção de gênero, ainda que pessoas do sexo feminino tenham contribuído com a pesquisa. Essa estratégia foi adotada para evitar confusões textuais e preservar a identidade dos colaboradores.

Para selecionar os potenciais sujeitos a participar da pesquisa, foi feita uma busca na base de dados de Currículos Lattes do CNPQ, na qual encontram-se cadastrados a maioria dos cientistas em atividade no Brasil. Inicialmente foram selecionados sujeitos considerando dois critérios: relacionamento com a Ciência do Solo, ou seja, os sujeitos deveriam trabalhar ou desenvolver pesquisas relacionadas a essa ciência; e o critério distância: os sujeitos deveriam estar vinculados a instituições ou empresas localizadas no Estado do Paraná. O critério distância foi utilizado devido às dificuldades financeiras e de tempo para realizar o experimento.

Nesta primeira fase foram selecionados quarenta potenciais sujeitos a participar do experimento. A primeira estratégia adotada para entrar em contato com eles foi o uso do correio eletrônico. Esta estratégia não foi bem sucedida, pois dos quarenta sujeitos dezesseis retornaram, entretanto, 50% destes negaram a participação no experimento. Uma segunda estratégia estabelecida foi ligar para os sujeitos, o sucesso não foi o esperado, mas ao final conseguiu-se a confirmação de dez sujeitos.

Durante a realização do experimento (27/05/2007-02/06/2007) não foi possível interrogar dois dos dez sujeitos que haviam confirmado a participação. Entretanto, conseguiu-se mais quatro sujeitos, colegas daqueles que participaram do experimento. Ao total contribuíram com a pesquisa doze sujeitos.

Relatam-se aqui as dificuldades em se realizar este tipo de atividade, primeiro devido à sobrecarga dos pesquisadores em nosso país, pois esta categoria concentra-se,



em sua maioria, em instituições públicas, grande parte em universidades, as quais devido ao quadro reduzido de funcionários, obriga os pesquisadores a se desdobrarem em atividades ligadas ao ensino, à orientação acadêmica e a funções administrativas, o que muitas vezes os impede de contribuir com outras pesquisas, como essa. Um segundo dificultador foi a resistência dos pesquisadores em expor as suas idéias à comunidade científica, devido ao receio em passar por uma possível avaliação por outros colegas de trabalho.

Para a discussão dos resultados cada um dos pesquisadores colaboradores da pesquisa recebeu um código, o objetivo foi preservar a identidade dos participantes. Os códigos foram gerados aleatoriamente, apenas foram utilizados os prefixos 2D e 3D para facilitar as análises.

Dos doze sujeitos que participaram do experimento, seis analisaram representações em duas dimensões e seis analisaram representações em três dimensões. Além disso, seis conheciam a área piloto previamente e seis não tinham conhecimento da área. Dos seis que conheciam a área, três analisaram representações 2D e três analisaram representações 3D; a mesma situação ocorreu para os sujeitos que desconheciam a área piloto. O quadro 4 ilustra a formação de cada um dos pesquisadores que participaram do experimento.

QUADRO 4 – FORMAÇÃO DOS PESQUISADORES COLABORADORES

<b>Formação</b>	<b>Titulação</b>	<b>Grande área do “maior” título</b>
Geografia	Mestre	Engenharia Florestal
Agronomia	Pós-Doutor	Ciência do Solo
Agronomia	Doutor	Engenharia Florestal
Eng. Agrícola	Doutor	Em Agronomia
Geografia	Doutor	Em Geografia Física
Geologia	Doutor	Em Geociências (Geoquímica e Geotectônica)
Agronomia	Mestre	Ciência do Solo
Geografia	Doutor	Geografia Física
Geografia	Doutor	Engenharia Florestal
Eng. Agrícola	Doutor	Em Irrigação e Drenagem
Geologia	Doutor	Em Geociência e Meio Ambiente
Geografia	Doutor	Em Geociências (Geoquímica e Geotectônica)

Dos doze sujeitos cinco são geógrafos, três agrônomos, dois geólogos e dois engenheiros agrícolas; a titulação pode ser considerada alta, pois um é pós-doutor, nove são doutores e dois mestres. Quanto a maior titulação, observa-se que três

apresentam titulação em Engenharia Florestal, entretanto, se analisado o título de mestre desses, dois são na Ciência do Solo, o que estreita ainda mais a relação com esta área. Além disso, os trabalhos de pesquisa realizados pelos pesquisadores em Geografia Física, Geociência e Irrigação, também apresentam ligações à Ciência do Solo, o que permite dizer que os pesquisadores colaboradores atendem ao critério 1 utilizado na seleção da amostragem. O critério 2 também foi atendido, uma vez que todos os sujeitos estão vinculados a instituições ou empresas localizadas no Estado do Paraná.

## **6.2 IDENTIFICAÇÃO DO ESQUEMA DE CONHECIMENTO GERAL PARA SOLOS**

A primeira parte do experimento consistiu em caracterizar os sujeitos que colaboraram com a pesquisa. Para tanto, foi elaborado um questionário (Apêndice F), o qual foi aplicado a cada um dos colaboradores. No apêndice K estão transcritas as principais respostas do questionário aplicado, assim como alguns diálogos realizados ao longo do experimento. Cabe mencionar que nesta etapa de análises não se considerou a distinção entre os grupos (*2D x 3D* e *Conhece x Desconhece*).

O primeiro item a ser discutido aqui são as respostas dos sujeitos referentes à primeira imagem mental quando se fala em solo (Pergunta 6). Dos doze sujeitos, oito citaram o perfil do solo como imagem inicial. Isso mostra que a maioria dos participantes considera o perfil de solo a unidade amostral fundamental para estudar o solo, mais ainda, estes pesquisadores adotam como principal imagem de um corpo que é contínuo no espaço, um corte vertical que restringe sua visualização a duas dimensões. Segundo Barros (1985), o perfil de solo caracteriza uma visão limitante para o entendimento do solo, pois através dele não é possível representar a estrutura natural desse corpo, uma vez que as variações laterais não são observadas e assinaladas.

Outros dois sujeitos tiveram respostas semelhantes, seguindo o caminho da importância do solo como recurso natural e para a sobrevivência humana. Dos doze sujeitos, dois chamaram a atenção pelas respostas; um destacou a distribuição e

mapeamento do solo, o outro uma visão de sustentação e sistema. A tese aqui é que estes dois apresentam um esquema de conhecimento bem desenvolvido, isto porque, em suas explicações foi possível distinguir uma série de relacionamentos com outros fenômenos espaciais que para eles são importantes. O sujeito que citou sistema, por exemplo, entende o solo como um corpo dinâmico, com relacionamentos complexos com outros fenômenos espaciais, como o relevo a declividade e a geologia. O sujeito que citou distribuição e mapeamento apresenta uma visão muito parecida, embora tenha usado palavras distintas na descrição. Considerando os esquemas de conhecimento citados na revisão de literatura, pode-se dizer que estes sujeitos apresentam esquemas de conhecimentos desenvolvidos ao ponto de já se tornarem esquemas imagem. Isto significa que para eles o conceito solo já está num nível de categorização mental básico, que os permite relacionar falas e imagens na identificação de padrões e relacionamentos. Não se está afirmando que estes sujeitos têm mais conhecimento sobre solos que os demais, está-se apenas dizendo que estes responderam ao estímulo sensorial (fala neste caso), com idéias mais estruturadas, o que acelera o entendimento do conceito analisado, todavia, não garante que mais conhecimento seja adquirido.

Com a pergunta 7 foi possível identificar quais as principais variáveis espaciais estão relacionadas ao conceito solo. O quadro 5 apresenta as variáveis espaciais citadas e as suas respectivas frequências.

QUADRO 5 – VARIÁVEIS ESPACIAIS RELACIONADAS AO CONCEITO SOLO

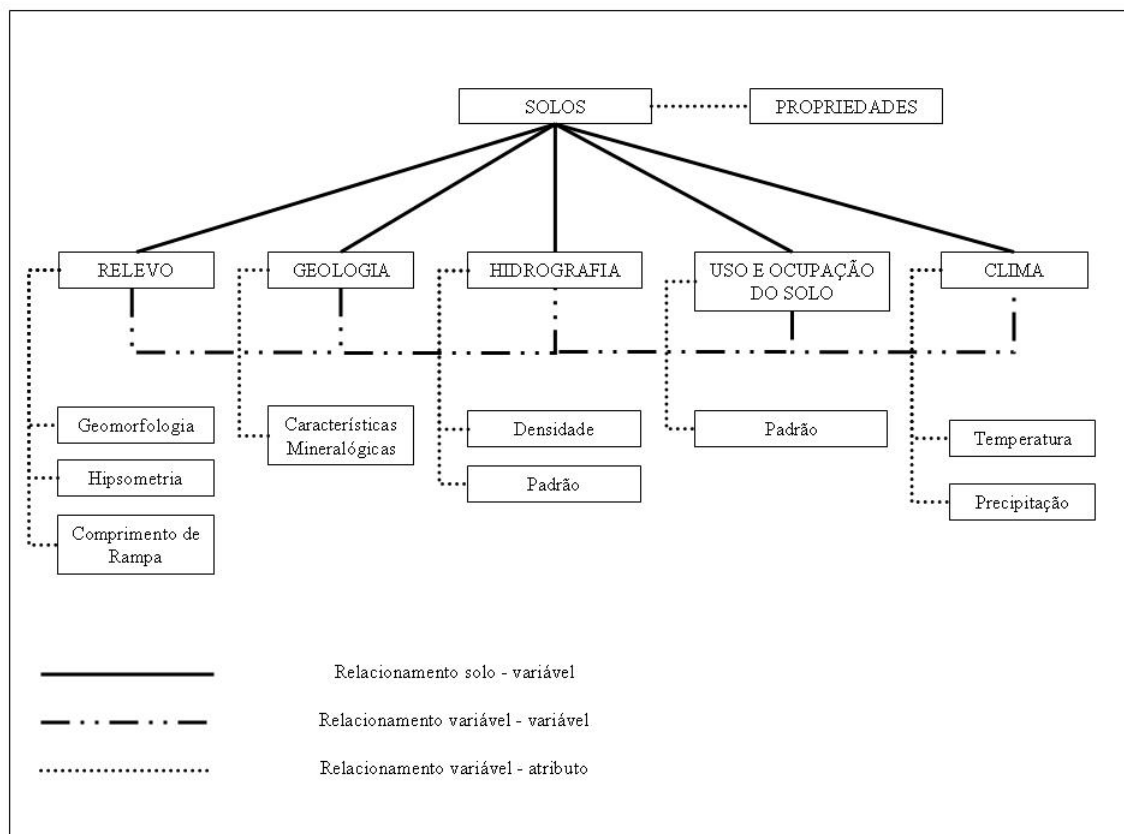
	<b>Variáveis</b>	<b>Freq.</b>		<b>Variáveis</b>	<b>Freq.</b>
<b>01</b>	Uso e ocupação do solo	8	<b>11</b>	Cor	1
<b>02</b>	Geologia	7	<b>12</b>	Densidade do solo	1
<b>03</b>	Relevo	7	<b>13</b>	Enquadramento iônico de superfície e subsuperfície	1
<b>04</b>	Hidrografia	4	<b>14</b>	Granulometria do solo	1
<b>05</b>	Clima	3	<b>15</b>	Hipsometria	1
<b>06</b>	Declividade	3	<b>16</b>	Orientação	1
<b>07</b>	Geomorfologia	3	<b>17</b>	Ponto de murcha	1
<b>08</b>	Morfologia	3	<b>18</b>	Profundidade efetiva do sistema radicular	1
<b>09</b>	Capacidade de campo	1	<b>19</b>	Topossequência	1
<b>10</b>	Comprimento de rampa	1	<b>20</b>	Variáveis físico-hídricas	1

Deve-se destacar o uso e ocupação do solo, geologia, relevo, hidrografia, clima, declividade, geomorfologia e morfologia, que foram as mais citadas. Cabe ressaltar que houveram alguns agrupamentos entre respostas quando identificou-se

que os sujeitos referiam-se ao mesmo conceito com nomes diferentes, ex. uso e ocupação do solo e cobertura e uso da terra. Ressalta-se ainda, que existem discordâncias entre o que é variável espacial relacionada ao conceito solo e o que é atributo da variável espacial. Essa situação aconteceu frequentemente com o relacionamento entre o relevo e a declividade, para alguns o relevo é uma variável e a declividade outra, para outros a declividade é um atributo da variável relevo. Neste trabalho não são discutidas estas divergências, pois se entende que a contribuição destes dados está na identificação dos conceitos relacionados ao solo, e não em como eles estão categorizados mentalmente para cada um dos sujeitos.

Com base no quadro 5, nas falas e nos relacionamentos identificados pelos sujeitos na pergunta 8, foi possível preconizar um esquema de conhecimento geral do solo para os sujeitos participantes do experimento (Figura 16), o qual é semelhante ao esquema gráfico geral preconizado por Pinker (1990) e ao esquema mapa geral defendido por MacEachren (1995).

FIGURA 16 – ESQUEMA DE CONHECIMENTO GERAL PARA SOLOS



Os relacionamentos identificados foram categorizados e apresentados na figura 16. Com uma linha contínua estão ilustrados aqueles entre o solo e as demais variáveis citadas, isto porque, o entendimento sobre o solo foi o ponto de partida, com este relacionamento procurou-se destacar a ordem de identificação dos relacionamentos. Com uma linha representada por pontos e traços estão ilustrados os relacionamentos entre as demais variáveis citadas, como se observa, existe um relacionamento de todas com todas. Com uma linha representada por pontos estão identificados os relacionamentos das variáveis com os principais atributos citados. Ressalta-se que a palavra “propriedades”, como identificada na figura 16, significa as propriedades do solo - físicas, químicas ou morfológicas - as quais foram consideradas atributos do solo.

O esquema apresentado na figura 16 trata-se de um esquema generalizado e criado com base nas informações fornecidas pelos sujeitos participantes do experimento. Não significa que, via de regra, todos o apliquem como ilustrado na decodificação de estímulos sensoriais sobre solos. Como discutido na revisão de literatura, cada sujeito desenvolve suas representações do conhecimento e seus esquemas de conhecimentos de forma diferenciada. Isto porque, cada um passa por situações diferentes, sofrem influências culturais e apresentam interações com o conceito solo que são únicas.

Uma vez identificados os principais conceitos relacionados ao solo, procurou-se investigar como os sujeitos os utilizam em suas análises. A intenção aqui foi verificar se eles usam representações cartográficas em suas tomadas de decisão, ou seja, entender o quanto representações cartográficas são utilizadas para alimentar seus respectivos esquemas de conhecimento e representações do conhecimento sobre solos.

Com esse intuito, uma das perguntas feitas aos sujeitos foi se eles utilizam produtos cartográficos em levantamento de solos. Caso a resposta fosse positiva eles eram instigados a citar os produtos utilizados. A grande maioria afirmou que usa produtos cartográficos e o quadro 6 apresenta as respostas.

Como se observa no quadro 6, as representações mais citadas estão diretamente ligadas às variáveis identificadas pelos sujeitos como relacionadas ao conceito solo. Destaca-se que fotografias aéreas, imagem de satélite e mapa de uso do solo estão

ligadas à variável uso e ocupação do solo, pois para os sujeitos, ambas as representações cumprem o papel de informar como se dá a distribuição do uso e ocupação do espaço.

QUADRO 6 – REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS UTILIZADAS NA CIÊNCIA DO SOLO

<b>Mapas 2D e 3D</b>	<b>Frequência</b>
Fotografias Aéreas	6
Mapa Geológico	6
Mapa Topográfico	6
Mapa Geomorfológico	4
Imagem de Satélite	4
Mapa de Uso do Solo	3
Mapa de Relevo	2
Mapa de Solo	2
Mapas Temáticos	2
Mapa de Declividade	2
Mapa Hipsométrico	2
Mapa de Formação Superficial	1
Mapa de Drenagem	1
Mapa de variáveis físico-hídricas	1

As repostas encontradas confirmam a tese inicial, segundo a qual o cientista de solo usa representações cartográficas dos principais conceitos relacionados ao solo, para auxiliá-lo na tomada de decisão. Procurou-se identificar ainda, em qual fase do levantamento de solo as representações cartográficas são mais utilizadas. As respostas dos sujeitos confirmaram a suposição inicial de que em duas fases elas são cruciais: na fase inicial e na fase final do levantamento. Houveram sujeitos que indicaram o levantamento todo, mas a maioria citou o planejamento do levantamento e a parte final, de ajuste do mapa de solo.

Procurou-se também, investigar se os sujeitos utilizam mapas de solos para análises de fenômenos espaciais. Dos doze sujeitos apenas um afirmou não utilizar esse tipo de mapa, os restantes utilizam. Entre os fenômenos citados destaca-se: análise de fragilidade potencial, agricultura de precisão, distribuição da biocenose e irrigação.

Com base na caracterização dos sujeitos participantes da pesquisa é possível afirmar que o experimento elaborado está coerente. Isto porque as variáveis representadas em 2D e em 3D são as utilizadas por eles no estudo do solo, o que é confirmado pelo esquema de conhecimento geral dos sujeitos (Figura 16). Os sujeitos

utilizam também, representações cartográficas em suas análises, principalmente na fase de planejamento do levantamento de solos, fase que foi investigada nesta pesquisa. A seguir discute-se os resultados sobre a visualização de representações em duas e em três dimensões.

### 6.3 VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA 2D X 3D

Para análise dos resultados da visualização das representações cartográficas foram considerados quatro grupos de análises, em duas linhas de raciocínio; o *grupo 2D* x o *grupo 3D*, buscando identificar a influência das representações em três dimensões na tomada de decisão, e o *grupo conhece* x *grupo desconhece*, para identificar a influência do conhecimento a priori na tomada de decisão. Afirma-se que para cumprir as tarefas das etapas III e IV os cientistas de solo utilizaram os conhecimentos declarativo e configuracional, o primeiro no reconhecimento de feições conhecidas e o segundo na identificação de relacionamentos entre as variáveis espaciais representadas.

As duas primeiras variáveis analisadas são: o tempo gasto em todo o experimento e a experiência em anos de atuação profissional. O quadro 7 apresenta as informações para cada sujeito.

QUADRO 7 – TEMPO GASTO E EXPERIÊNCIA DOS SUJEITOS

Código do Sujeito	Fazenda Canguiri	Tempo (minutos)	Experiência (Anos)
2D001	Conhece	40	15
2D002	Conhece	90	38
2D003	Conhece	60	25
2D004	Desconhece	60	22
2D005	Desconhece	35	37
2D006	Desconhece	60	11
3D001	Conhece	45	7
3D002	Conhece	35	15
3D003	Conhece	47	25
3D004	Desconhece	90	14
3D005	Desconhece	45	11
3D006	Desconhece	90	29

Analisando a variável experiência pode-se dizer que em média o *grupo 2D* é mais experiente, com 24,66 anos contra 16,83 anos em média para o *grupo 3D*. O desvio padrão é menor para o *grupo 3D*, 7,71 anos, do que para o *grupo 2D* de 10,14 anos, valor que permite identificar que o *grupo 3D* é mais homogêneo que o *grupo 2D*. Quanto aos grupos *conhece* e *desconhece* pode-se dizer que não há diferenças significativas, pois ambos apresentaram média de 20,83 e 20,66 anos de experiência respectivamente.

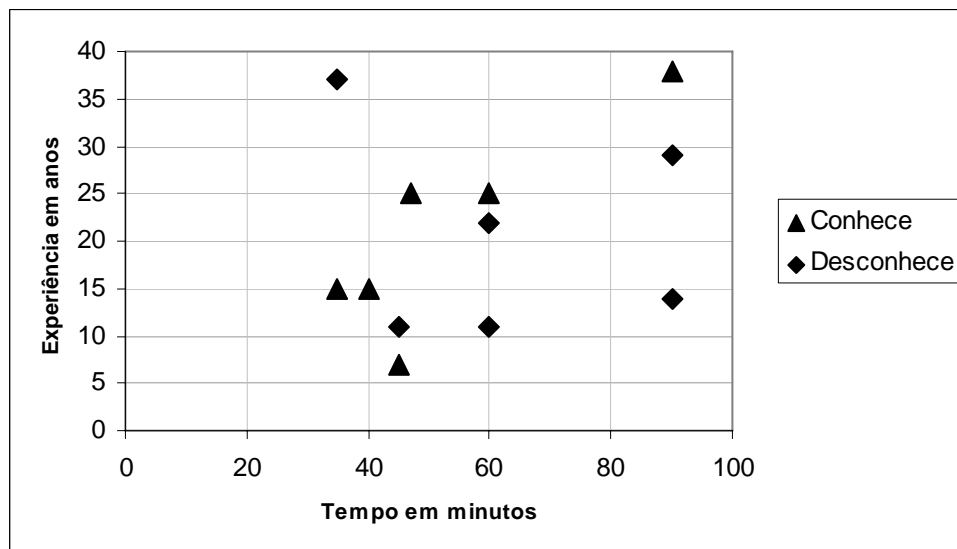
Quanto ao tempo gasto por cada grupo na realização do experimento pode-se afirmar que não houve diferença significativa entre o tempo médio gasto entre os grupos *2D* e *3D*, em média 57,50 minutos e 58,66 minutos respectivamente. Comparando os grupos *conhece* e *desconhece* observa-se uma diferença significativa: em média o *grupo conhece* gastou aproximadamente 11 minutos a menos que o *grupo desconhece*, sendo 52,83 e 63,33 minutos as respectivas médias. Esse dado comprova que o desconhecimento da área, tanto para o *grupo 3D* quanto para o *2D*, obrigou-os a consumir um tempo maior para adaptar seus esquemas de conhecimento sobre solos à variação dos fenômenos representados cartograficamente.

Foi feita uma análise da correlação entre as variáveis tempo e experiência. Para o *grupo 2D* a correlação é fraca ( $r=0,26$ ), para o *grupo 3D* a correlação é moderada ( $r=0,43$ ). Para o *grupo conhece* a correlação é forte ( $r=0,85$ ), e para o *grupo desconhece* a correlação foi muito fraca ( $r= - 0,17$ ). A correlação forte para o grupo que conhece a área da fazenda indica que quanto maior a experiência (anos de atuação) maior foi o tempo que o sujeito demorou na realização do experimento. Pode-se dizer que os sujeitos que conheciam a área cumpriram com mais calma as etapas do experimento. Considerando a correlação moderada para o *grupo 3D*, pode-se afirmar que para o grupo que conhece a área e manipulou as representações em 3D, quanto maior a experiência mais tempo foi consumido. Isto indica que o fato de conhecer a área e a possibilidade de manipular as representações em três dimensões instigou estes sujeitos a fazer análises com mais calma, avaliar possíveis cruzamentos e buscar padrões de relacionamentos entre as variáveis representadas. Resultados semelhantes foram obtidos nos experimentos realizados por Zhu e Chen (2005) e Ramasundaram et al. (2005). Os primeiros procuraram avaliar como o uso de representações



Cartográficas 3D pode estimular a aquisição de conhecimento espacial, verificaram que os sujeitos que manipularam representações 3D consumiram mais tempo interagindo com os mapas que aqueles que manipularam representações 2D. Já os segundos criaram um laboratório virtual ambiental, cujos resultados mostraram que os sujeitos que manipularam os mapas 3D gastaram um tempo maior, principalmente devido ao grande número de possibilidades de interação disponibilizadas aos sujeitos para analisar as variáveis representadas. No gráfico 1 é possível observar a distribuição aproximadamente linear e positiva para o grupo que conhece a área da Fazenda Canguiri.

GRÁFICO 1 – CORRELAÇÃO ENTRE TEMPO GASTO E EXPERIÊNCIA



Na etapa II do experimento foi apresentado um texto para caracterizar as principais variáveis espaciais representadas cartograficamente (Apêndice G). O objetivo do texto foi familiarizar os sujeitos à Fazenda Canguiri e, conseqüentemente, instigá-los a carregar o seu esquema de conhecimento sobre solos, para em seguida aplicá-lo na visualização das representações, etapas III e IV. A leitura do texto foi facultativa, pois se entendeu que aqueles sujeitos que têm conhecimento da Fazenda Canguiri poderiam achar redundante a leitura. Dois sujeitos não acharam necessária a leitura, sendo que um deles não conhecia a área, o qual na etapa III, no entanto, solicitou a leitura do texto quando visualizava as representações. Entre os sujeitos que leram o texto na etapa II do experimento, de um total de oito, dois retornaram ao texto

na etapa III. Isto indica que eles tiveram necessidade de confirmar algumas suposições levantadas durante a análise do mapa.

Na etapa III do experimento foram apresentadas as representações aos sujeitos, os quais, após manipulá-las, deveriam cumprir duas tarefas. Na primeira, deveriam delimitar pontos onde gostariam de abrir perfis para a realização do levantamento de solos. Na segunda deveriam definir os limites de prováveis classes de solos. Salienta-se que nesta fase os sujeitos poderiam, a qualquer momento, manipular novamente as representações. O quadro 8 apresenta os valores obtidos para as duas tarefas e no apêndice L encontram-se os mapas contendo a representação dos perfis e dos limites de classes de solos delimitados pelos sujeitos.

QUADRO 8 – PERFIS DEMARCADOS, REGIÕES DELIMITADAS E CLASSES IDENTIFICADAS

Código	Fazenda Canguiri	Número de Perfis	Número de Limites(Regiões)	Número de Classes
2D001	Conhece	9	5	3
2D002	Conhece	57	6	3
2D003	Conhece	37	0	0
2D004	Desconhece	0	3	3
2D005	Desconhece	3	9	9
2D006	Desconhece	11	9	4
3D001	Conhece	24	9	4
3D002	Conhece	3	5	3
3D003	Conhece	6	13	6
3D004	Desconhece	4	4	4
3D005	Desconhece	9	4	3
3D006	Desconhece	34	7	4

O *grupo 2D* ao total delimitou 117 perfis e teve uma média de 19,5 perfis por participante. O *grupo 3D*, por sua vez, delimitou 80 perfis e teve uma média de 13,33 perfis por sujeito. Os perfis são determinados principalmente para a confirmação de suposições realizadas após a análise de representações cartográficas. A maior quantidade de perfis delimitados pelo *grupo 2D* indica que estes tiveram mais dúvidas durante a aplicação de seus respectivos esquemas de conhecimento, dessa forma responderam às dúvidas geradas delimitando um número maior de perfis. Por outro lado, o *grupo 3D* delimitou menos perfis porque as representações em três dimensões possibilitaram o conhecimento das características da área com menor esforço cognitivo

na interpretação da tridimensionalidade, o que os permitiu visualizar outras características da área e os levou a delimitar menor número de perfis.

Esta hipótese se confirma na análise da variável número de regiões delimitadas. Para esta os números se inverteram, o *grupo 2D* apresentou um valor total de 32 regiões delimitadas, com uma média de 5,33 regiões por sujeito, enquanto que o *grupo 3D* delimitou 42 regiões e teve uma média de 7 regiões por sujeito. Para esta variável o raciocínio é contrário, quanto maior o número de regiões delimitadas, mais refinado foi o entendimento das características pedológicas da área.

Um outro dado que confirma o melhor desempenho do *grupo 3D* é o número de classes de solo identificadas. O *grupo 2D* identificou em média 3,66 classes de solos por sujeito, cabe ressaltar aqui que houveram anomalias dentro do *grupo 2D*, pois um sujeito se recusou a delimitar e a identificar as classes de solos, enquanto um outro sujeito identificou 9 classes de solos. Esses valores extremos estão refletidos no desvio padrão, que teve valor de 2,69. Já o *grupo 3D* identificou em média 4 classes de solos por sujeito. Para a Fazenda Canguiri, o valor esperado para essa tarefa são três classes de solos, isso porque este valor estaria dentro do nível básico de categorização mental para solos. Pois para essa área, um cientista de solo facilmente identifica: regiões com solos rasos, regiões com solos profundos, e regiões com solos hidromórficos.

Conclui-se que os sujeitos que delimitaram mais de 3 classes, ou têm esquemas de conhecimento que permitiram detalhar as unidades de solos, ou as representações manipuladas permitiram o conhecimento de especificidades da área. Se for analisado o *grupo 2D*, desconsiderando os dois resultados anômalos (0 e 9), outros três sujeitos identificaram 3 classes, o valor esperado, e um identificou 4 classes. Já o *grupo 3D* apresentou resultados mais homogêneos, com um desvio padrão de 1,00. Analisando esse grupo verifica-se que três sujeitos identificaram 4 classes, dois identificaram 3 e um sujeito identificou 6 classes de solos. Esse resultado permite identificar outro benefício das representações tridimensionais: elas possibilitaram aos sujeitos realizar um esforço menor para visualizar o relevo em três dimensões e os permitiu concentrar-se na variação dos fenômenos representados. Os resultados do *grupo 3D* são melhores não só porque a média deste grupo foi superior ao *grupo 2D*, mas sim pela homogeneidade das respostas, levando-se a afirmar que a tridimensionalidade

contribuiu para minimizar a subjetividade na tomada de decisão quanto aos limites de solos.

Ao analisar as representações bidimensionais a partir das curvas de nível o sujeito deveria raciocinar em três dimensões. A anomalia nas respostas reflete a afinidade destes em desenvolver esse raciocínio. Aquele sujeito que identificou 9 classes de solo tem um esquema de conhecimento desenvolvido a tal ponto que para visualizar em três dimensões e realizar cruzamentos de variáveis se tornou uma atividade corriqueira. Este sujeito é o mesmo que mencionou como primeira imagem do solo a distribuição e mapeamento do solo. O que endossa a afirmação que ele tem um esquema de conhecimento de solo estruturado a tal ponto que a delimitação de classes de solos tornou-se uma atividade simples, pois seu esquema de conhecimento já está no nível do esquema imagem.

Com respeito ao conhecimento da área, o grupo que conhece a área delimitou em média 22,66 perfis contra uma média de 10,167 perfis do grupo que desconhece a área. Imaginava-se que os sujeitos que conhecem a área poderiam, com muito menos perfis, caracterizar os solos, o que não se confirmou. Quanto ao número de regiões delimitadas houve praticamente um empate, uma média de 6,33 para o *grupo conhece* e uma média de 6,00 para o *grupo desconhece*. Porém, quanto ao número de classes identificadas o *grupo conhece* em média identificou 3,167 classes de solos enquanto que o *grupo desconhece* em média identificou 4,5 classes de solo. Cabe ressaltar que o sujeito que identificou 9 classes compõe o *grupo desconhece*, o que contribuiu para esse resultado, além disso, o sujeito que se recusou a delimitar regiões e identificar classes compõe o *grupo conhece*, o que explica os valores obtidos.

O quadro 9 apresenta o coeficiente de correlação entre algumas das variáveis avaliadas e o número de classes de solos identificadas.

QUADRO 9 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO COM RESPEITO AO NÚMERO DE CLASSES DE SOLOS IDENTIFICADAS

Variáveis	Grupo 2D	Grupo 3D	Grupo Conhece	Grupo Desconhece
Nº Classes x Experiência	0,36	0,52	-0,13	0,74
Nº Classes x Nº Perfis	-0,48	0,00	-0,44	-0,17
Nº Classes x Nº Regiões	0,80	0,88	0,98	0,66

Analisando o quadro 9 é possível identificar que só existe correlação entre o número de classes de solos identificadas e a experiência, para o grupo que desconhece a área. Para este grupo a experiência pesou, e quanto maior a experiência maior foi o número de classes de solos identificadas. Quanto à correlação entre o número de classes de solos e o número de perfis delimitados, destaca-se somente a correlação moderada e negativa para o grupo 2D. Para esse grupo quanto maior o número de perfis identificados, menor o número de classes de solos identificadas. A correlação entre o número de regiões delimitadas e o número de classes de solos identificadas existiu para os quatro grupos. Merece destaque as correlações fortes verificadas para os grupos 2D e 3D e a correlação muito forte verificada para o grupo que conhece a área. Para estes três grupos, quanto maior o número de regiões delimitadas, maior foi o número de classes de solos identificadas.

Deve ser destacado que melhorias ainda devem ser introduzidas nesse experimento. Por exemplo, nas tarefas 1 e 2 da etapa III deve ser apresentado um intervalo em que deva variar o número de perfis a serem abertos e o número de unidades de mapeamento a serem delimitadas. Além disso, deve ser solicitado ao participante identificar as classes de solo segundo a nomenclatura de solos. Essas alterações objetivam possibilitar análises aprofundadas das respostas dos sujeitos, pois como foi aplicado o experimento, os resultados da Etapa III apenas foram avaliados sob a ótica do quantitativo, a significância das respostas não pôde ser avaliada (acertos e erros).

Na etapa IV foi apresentado aos sujeitos o mapa com os limites de solos generalizados para a Fazenda Canguiri (Apêndice J). Os sujeitos após analisar o mapa deveriam cumprir duas tarefas. A tarefa 1 questionou-os sobre a possibilidade da subdivisão dos limites de solos apresentados. Uma vez que eles respondessem sim, deveriam traçar as subdivisões. A tarefa 2 consistiu na apresentação da legenda do mapa de solos da Fazenda Canguiri (Apêndice I), mapa construído no sexto nível de detalhe - série de solos - do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Após ser apresentada a legenda aos sujeitos, eles foram questionados sobre a possibilidade de identificar alguns dos solos da legenda no mapa com os limites de solos generalizados, considerando o nível um, ordem de solos.

No quadro 10 é possível visualizar, por sujeito, o número de subdivisões dos limites de solos e o número de denominações de classes de solos. No apêndice M encontram-se os mapas com as subdivisões e com as denominações das classes de solos realizadas pelos sujeitos. Para o *grupo 2D* apenas dois sujeitos fizeram subdivisões dos limites generalizados, traçando duas subdivisões cada um, o que influenciou a média do grupo, a qual foi de 0,66 subdivisões por sujeito. No *grupo 3D* se observa que apenas um sujeito não subdividiu os limites generalizados de solos, a média do grupo foi de 3,33 subdivisões por indivíduo.

QUADRO 10– SUBDIVISÕES DOS LIMITES E DENOMINAÇÕES DE CLASSES DE SOLOS

Código	Fazenda Canguiri	Subdivisões dos Limites	Denominações de Classes de Solo
2D001	Conhece	0	9
2D002	Conhece	2	6
2D003	Conhece	0	0
2D004	Desconhece	0	0
2D005	Desconhece	2	14
2D006	Desconhece	0	12
3D001	Conhece	8	22
3D002	Conhece	3	2
3D003	Conhece	4	12
3D004	Desconhece	0	4
3D005	Desconhece	1	3
3D006	Desconhece	4	12

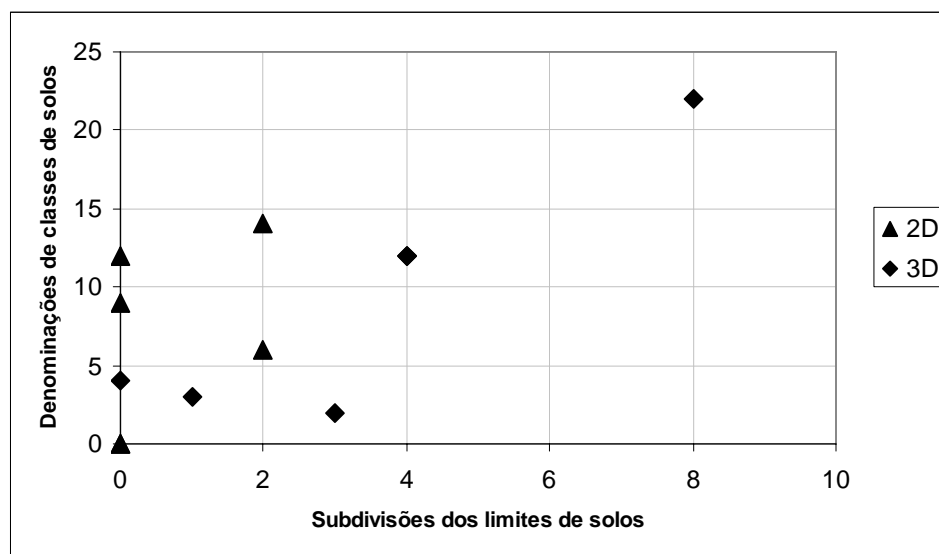
Esses dados mostram mais uma vez que as representações 3D possibilitaram aos sujeitos visualizar características da área não visualizadas em duas dimensões, o que os possibilitou detalhar o mapa de solos. Para essa atividade percebeu-se que o prévio conhecimento da área significou vantagens para o sujeito, pois o *grupo conhece* teve uma média de 2,83 subdivisões contra uma média de 1,16 subdivisões por indivíduo para o *grupo desconhece*.

Considerando agora o número de denominações de classes de solos com base na legenda apresentada, enquanto o *grupo 2D* identificou ao todo 41 classes, com média de 6,83 denominações por sujeito, o *grupo 3D* identificou 55 classes e teve uma média de 9,16 denominações por sujeito. Também para essa variável o *grupo 3D* apresentou um desempenho melhor o que reforça a tese de que as representações em três dimensões podem auxiliar na aquisição de conhecimento e na tomada de decisão. Para esta variável o *grupo conhece* apresentou uma média de 8,5 denominações contra

uma média de 7,5 denominações para o *grupo desconhece*. Observa-se neste caso ligeira vantagem para os sujeitos com conhecimento da área.

Observando-se o gráfico 2 nota-se que existe uma linearidade entre as variáveis subdivisões dos limites de solos e denominações de classes de solos para o *grupo 3D*, o que não é observado para o *grupo 2D*. Esse fato é confirmado pelo coeficiente de correlação,  $r=0,41$  para o *grupo 2D* e  $r=0,90$  para o *grupo 3D*. O  $r$  muito forte encontrado para o *grupo 3D* permite afirmar que as representações em três dimensões, além de permitirem ao sujeito o conhecimento de peculiaridades da área, os levou a identificar a classe de solo com mais segurança ao visualizar a legenda, pois puderam confirmar suas suspeitas iniciais.

GRÁFICO 2 – CORRELAÇÃO ENTRE AS DENOMINAÇÕES DE CLASSES DE SOLOS E AS SUBDIVISÕES DOS LIMITES GENERALIZADOS DE SOLOS

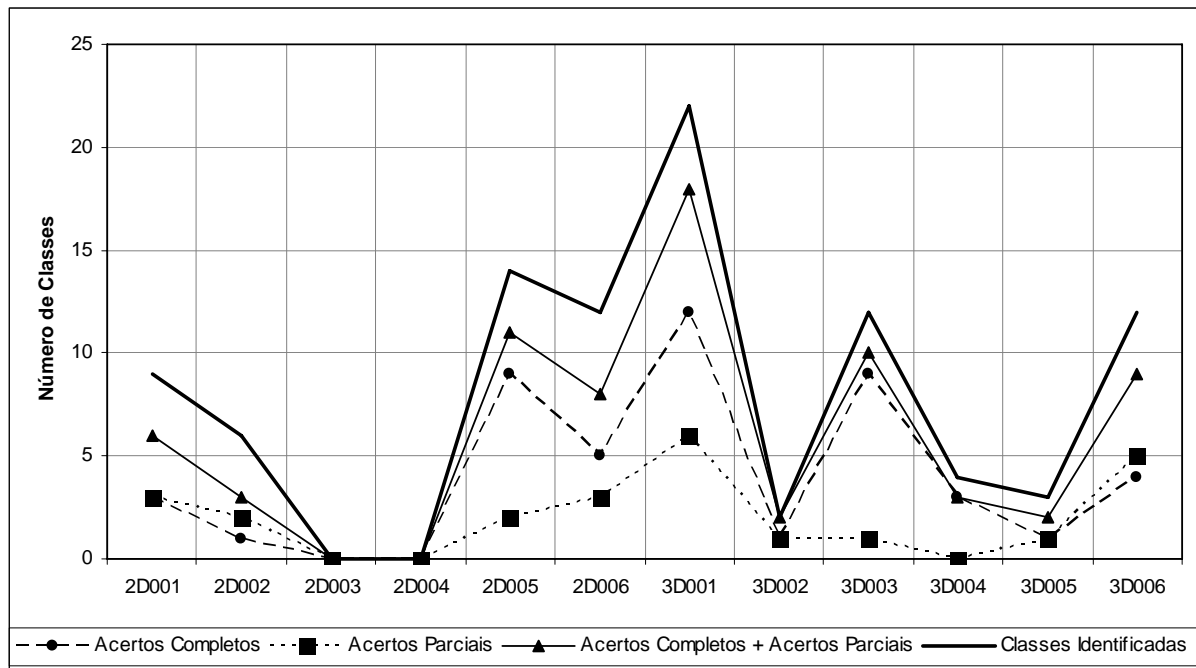


Para este trabalho entendeu-se que não bastava apontar qual grupo identificou o maior número de classes de solos. Desta forma, as denominações apresentadas pelos sujeitos foram comparadas ao mapa de solos da Fazenda Canguiri (Apêndice H) e enquadradas dentro das seguintes categorias: Acerto Completo (AC), quando o sujeito acertou a ordem do solo; Acerto Parcial (AP) quando o sujeito acertou a ordem de pelo menos uma das associações de solos existentes na fazenda (Para cada unidade de mapeamento de solo); Acerto Completo mais Acerto Parcial (AC+AP), trata-se apenas

da soma dos acertos completos e parciais; e Erro (E) quando o sujeito errou a denominação da ordem do solo.

Os gráficos 3 e 4 apresentam os resultados da tarefa 2 da etapa IV do experimento, por sujeito. Como se observa nos gráficos, dois sujeitos do grupo 2D se recusaram a cumprir as tarefas, um informou que não tem o hábito de predizer nada em solos, o outro afirmou que não se sentia à vontade para cumprir as respectivas tarefas. De maneira geral observou-se que o desempenho do grupo 3D foi melhor. Apenas ressalta-se que o sujeito 2D005 foi o melhor do grupo 2D. Cabe mencionar que o sujeito 2D005 é o mesmo, que como primeira imagem do solo, informou o mapeamento e a distribuição do solo e delimitou 9 classes de solos na etapa III do experimento. Fato que reforça a tese de que este sujeito tem um esquema de conhecimento para solos mais estruturado do que os dos demais.

GRÁFICO 3 – RESULTADOS DA ETAPA IV DO EXPERIMENTO POR SUJEITO: ACERTOS

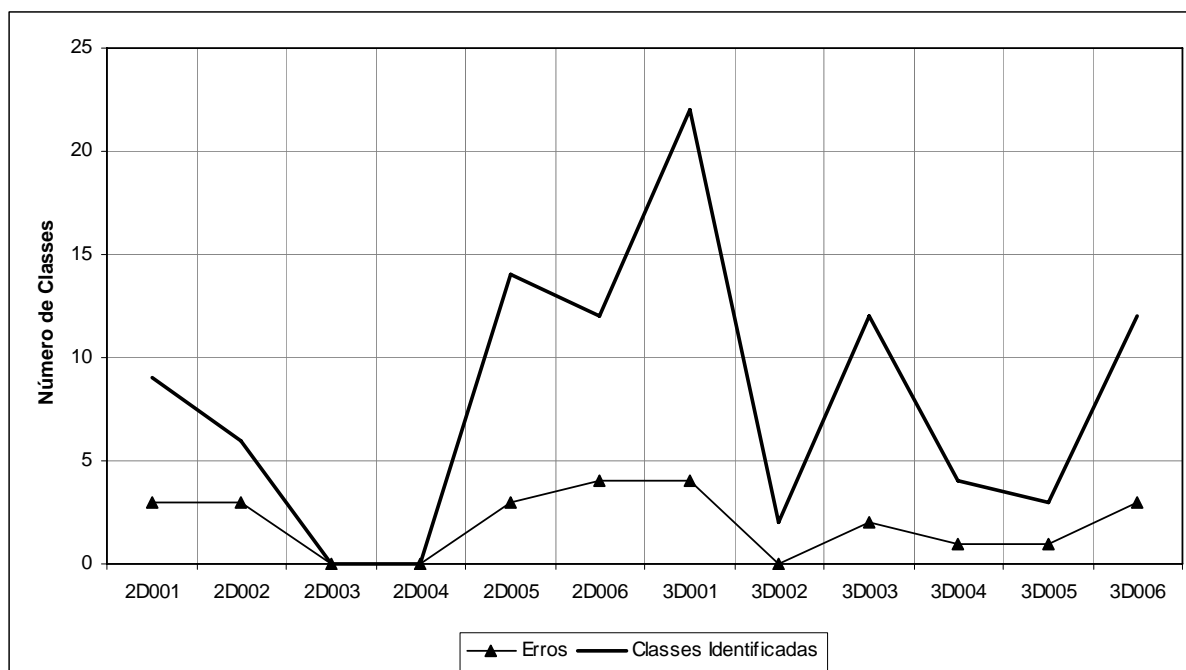


Comparando o número de classes de solos identificadas aos acertos e aos erros (Gráficos 3 e 4) constata-se que o grupo 3D identificou maior número de classes, acertou mais e errou menos. Os indivíduos 3D001, 3D002 e 3D003 chamam a atenção, o primeiro por apresentar o melhor desempenho entre os participantes do experimento,



o segundo por não cometer nenhum erro e o terceiro pela proporção de acertos completos.

GRÁFICO 4 – RESULTADOS DA ETAPA IV DO EXPERIMENTO POR SUJEITO: ERROS

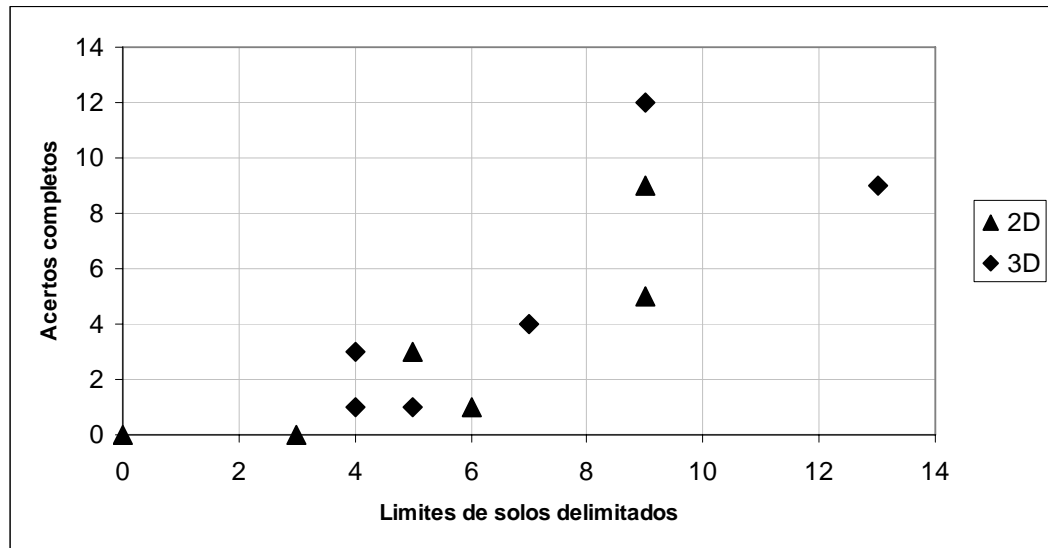


Quanto aos *grupos conhece* e *desconhece* pode-se afirmar que não houve diferença significativa. Observa-se que o *grupo desconhece* apresenta um padrão de respostas mais homogêneo. Para o índice de acertos completos os resultados foram melhores para o *grupo desconhece*, para todos os demais o *grupo conhece* teve uma pequena vantagem.

Todos os resultados analisados confirmam o melhor desempenho do *grupo 3D*. Considerando a relação entre o número de regiões (classes de solos) delimitadas na etapa III e o número de acertos completos da tarefa 2 da etapa IV, tem-se índices de correlação fortes para ambos os grupos 2D e 3D, sendo  $r=0,82$  e  $r=0,80$  respectivamente. Todavia, na análise dos resultados do número de regiões delimitadas na etapa III o desempenho do *grupo 3D* foi melhor. Portanto, afirma-se que este grupo ao delimitar as regiões tinha certeza de suas decisões, o que se refletiu no número de acertos. Como nesta pesquisa trabalhou-se com especialistas, os quais têm muito conhecimento sobre solos, quando eles delimitam regiões (classes de solos) a probabilidade de acertarem é alta. Todavia, o diferencial nesta investigação foram as

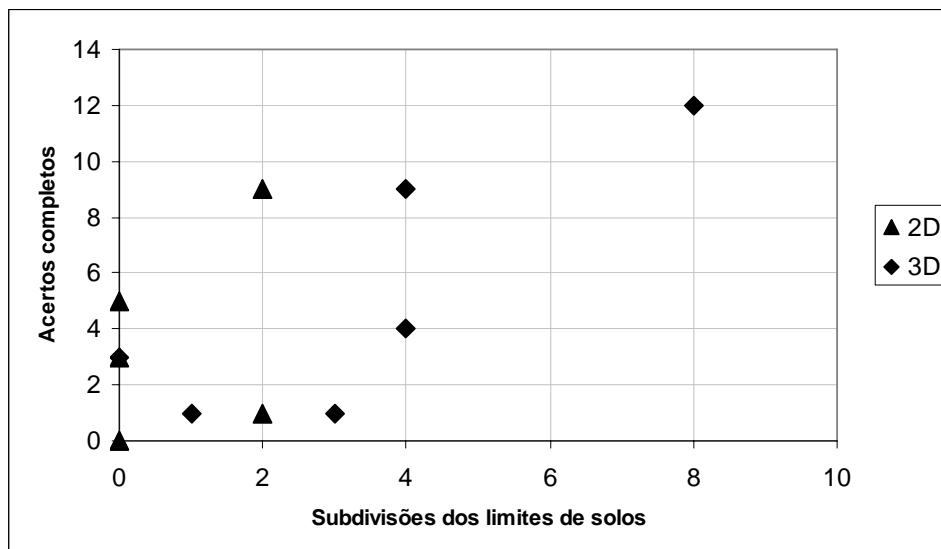
representações em três dimensões. Estas estimularam os cientistas a identificar peculiaridades da área, o que os levou a dividir a área em um maior número de regiões e a acertar mais. O gráfico 5 ilustra a correlação entre essas duas variáveis.

GRÁFICO 5 – CORRELAÇÃO ENTRE ACERTOS COMPLETOS VERIFICADOS NA TAREFA 2 DA ETAPA IV E LIMITES DE SOLOS DELIMITADOS NA ETAPA III



Para o relacionamento entre as variáveis acertos completos (tarefa 2 da Etapa IV) e subdivisões dos limites de solos (tarefa 1 Etapa IV), observa-se correlação moderada para o *grupo 2D* e correlação forte para o *grupo 3D*, com  $r=0,43$  e  $r=0,80$  respectivamente. O gráfico 6 ilustra essa situação.

GRÁFICO 6 – CORRELAÇÃO ENTRE ACERTOS COMPLETOS VERIFICADOS NA TAREFA 2 DA ETAPA IV E SUBDIVISÕES DE CLASSES DE SOLOS REALIZADAS NA TAREFA 1 DA ETAPA IV



Com base no gráfico 6 é possível concluir que o *grupo 3D* subdividiu muito mais os limites generalizados de solos e, também, obteve mais acertos completos. Fato que torna ainda mais evidente o melhor desempenho do grupo que manipulou representações em três dimensões.

Na etapa IV foi possível avaliar a significância das respostas dos sujeitos, uma vez que eles identificaram as unidades de mapeamento segundo a legenda apresentada. Dessa forma, computou-se acertos e erros. Todavia, a introdução de um intervalo de variação para os números de subdivisões dos limites de solos generalizados e de unidades de mapeamento a serem identificadas, contribuirá para minimizar as diferenças abruptas verificadas entre o desempenho de sujeitos distintos, conseqüentemente, as análises ganharam qualidade.

Além de todas as tarefas executadas pelos sujeitos foi analisado o comportamento dos sujeitos. Procurou-se identificar as principais representações utilizadas durante o experimento, as quais estão apresentadas no quadro 11. A frequência significa retorno à representação na execução das tarefas.

QUADRO 11 – CRITÉRIOS UTILIZADOS PELOS SUJEITOS NO CUMPRIMENTO DAS TAREFAS

<b>Critérios Usados</b>	<b>Frequência</b>
Declividade	7
Geologia	6
Imagem Ikonos	5
Hipsometria	3
Hidrografia	1

O importante é observar que as representações mais utilizadas dizem respeito às variáveis citadas pelos sujeitos como relacionadas ao conceito de solo. Esse fato comprova que o esquema de conhecimento geral, elaborado para os cientistas de solo que participaram do experimento, está coerente.

## 6.4 AVALIAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS E DA FERRAMENTA

A quinta etapa do experimento consistiu na avaliação das representações, tanto em duas quanto em três dimensões, pelos sujeitos participantes do experimento. Para isso adotou-se a sistemática de ao final do experimento apresentar todas as representações, em duas e em três dimensões, para ambos os sujeitos, e solicitar que fizessem uma avaliação.

Todos afirmaram com veemência que as representações em três dimensões contribuem muito na fase de planejamento do levantamento de solos, para a investigação da área, definição de pontos de coleta de amostras de solos e elaboração do esboço inicial dos limites de solos. Os comentários foram muitos, entre eles a transcrição a seguir da fala de um dos sujeitos, avaliando uma representação em três dimensões, resume os resultados obtidos:

“ [...] puxa que maravilha essa representação, ..., aquilo que a cabeça da gente tem que fazer já está feito, todo o treinamento que a gente tem para colocar o cérebro para visualizar o relevo a partir das curvas de nível já está feito, perfeito [...]”

Essa fala sintetizou o principal benefício das representações em três dimensões. Elas desoneram o cérebro de criar uma imagem em três dimensões a partir de dados em duas dimensões, e o possibilita a se concentrar em outras variações, na identificação de padrões e de relacionamentos entre as variáveis visualizadas. Na sequência o mesmo sujeito ainda completou:

“Essa ferramenta contribui muito para a visualização. Visualizar não significa decisão tomada, mas a visualização contribui para a compreensão e a compreensão é a base para a tomada de decisão mais acertada, mas a visualização contribui para a compreensão.”

Todos os demais sujeitos exprimiram comentários na mesma linha das citações transcritas anteriormente. Eles apontam que a visualização da variação do relevo,

considerando as formas de vertentes e a altimetria, é a principal vantagem das representações em três dimensões. Todos apontam ainda, que a variação de variáveis espaciais representadas em três dimensões facilita muito a compreensão das suas propriedades e seus relacionamentos. Entre as mais citadas tem-se: a declividade, o comprimento de rampa e o uso do solo.

Um fato interessante foi o comentário de um sujeito a respeito da representação do comprimento de rampa, ele afirmou que não usa em suas análises esse tipo de representação, mas afirmou que se tivesse o recurso para visualizar em três dimensões passaria a utilizá-la. Em suas decisões no experimento, o sujeito afirmou que esta variável espacial contribuiu significativamente.

Apesar de todos reconhecerem a utilidade e os benefícios da visualização cartográfica em três dimensões, os sujeitos afirmaram que esta ferramenta não substitui o trabalho de campo, ela é fundamental no planejamento, mas a verificação *in loco* sempre será necessária.

Foi avaliada também a interação dos sujeitos com a ferramenta na visualização das informações. Percebeu-se dificuldades dos sujeitos no início da manipulação das representações, o que é natural, pois estavam pela primeira vez manipulando aquele tipo de ferramenta. Houve uma demora até que os sujeitos adaptassem seus esquemas de conhecimento ao estímulo novo. Essa ocorrência é normal, pois seus esquemas de conhecimento estão adaptados para interagir com estímulos visuais em duas dimensões. Depois de um certo tempo a maioria passou a ter domínio da ferramenta, outros tiveram um pouco mais de dificuldades ao longo do experimento, o que não chegou a comprometer os resultados.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi estudada a aquisição de conhecimento pelos cientistas de solo. Através da abordagem adotada buscou-se o entendimento desse processo em alto nível, considerando as estruturas do conhecimento, com enfoque na cognição espacial. O objetivo geral dessa pesquisa foi entender como representações cartográficas bi e tridimensionais, construídas com base na teoria de visualização cartográfica e em diretrizes sobre projeto cartográfico, podem estimular o processo de aquisição de conhecimento espacial por cientistas de solo.

Com base nos resultados é possível afirmar que as representações cartográficas, sejam em duas ou em três dimensões, são estímulos visuais, os quais instigam o processamento cognitivo de informações. Em conjunto a esse atuam uma série de mecanismos cognitivos, como a equiparação de esquemas de conhecimento e as categorizações mentais, cujo objetivo é decodificar o estímulo visual. Quando isto acontece pode-se dizer que chegou-se ao entendimento da “imagem” (mapa, textos, ...), o que poderá consistir na aquisição de conhecimento.

Ocorre a aquisição de conhecimento quando o fenômeno estudado é entendido ou algum conceito novo é incorporado a partir do processamento cognitivo. O conhecimento adquirido, por sua vez, irá compor a representação do conhecimento correspondente e ficará armazenado na memória de longa duração.

Nessa pesquisa foi possível identificar o esquema geral de conhecimento com respeito à fase de planejamento do levantamento de solo, para os participantes do experimento. Esse esquema é aplicado nessa fase do levantamento de solos como interface entre as variações do fenômeno estudado e a sua representação de conhecimento. Deve-se ressaltar que este esquema é aplicado em muitas situações, desde a visualização de mapas, a leitura de textos até em trabalhos de campo.

Foi possível identificar que, na fase de planejamento, o resultado do esforço cognitivo do cientista de solo culmina na identificação de pontos amostrais, locais onde serão abertos perfis em campo, e na delimitação do esboço inicial dos limites de solos. Todavia, para atingir o propósito de aquisição de conhecimento, as

representações cartográficas devem ser efetivas. Com o objetivo de atingir a efetividade, diretrizes sobre projeto cartográfico e a teoria de visualização cartográfica foram aplicadas na construção das representações cartográficas. Além disso, procurou-se avaliar qual tipo de representação, em duas ou em três dimensões, apresentou melhor desempenho.

Os resultados permitem afirmar que as representações em três dimensões, com interação, são mais efetivas do que as representações em duas dimensões para a tomada de decisão, quanto aos limites de solos e quanto às delimitações de perfis de solos. Essa constatação é válida para a fase de planejamento do levantamento de solos, quando os limites são suposições iniciais e os perfis são locais para verificação *in loco* das suspeitas do cientista.

A partir da análise dos resultados é possível afirmar que o principal diferencial das representações em três dimensões foi possibilitar ao sujeito a visualização do relevo. Por que essa visualização é importante e apresentou resultados significativos? Para a Ciência do Solo esse tipo de visualização é de extrema importância, uma vez que todas as variáveis espaciais ligadas ao solo estão estritamente relacionadas às características do relevo. Para o cientista de solo visualizar as formas do relevo, vertentes divergentes, vertentes convergentes, (...), significa muito mais do que simplesmente caracterizar a geomorfologia da cena, significa entender a distribuição dos fluxos hídricos, entender como se dá a variação da declividade, do aspecto e mais, implica em pré-conceber pelo menos a ordem dos possíveis solos para a área investigada. Quando além do relevo tem-se a representação em três dimensões das variáveis espaciais relacionadas ao solo, as análises melhoram em qualidade substancialmente, o que explica os resultados obtidos nesta pesquisa.

Ao ser exposto a um estímulo em três dimensões o cientista de solo não gasta esforço mental para formar uma imagem tridimensional a partir de dados em duas dimensões. Logo, ele poderá se concentrar na análise de padrões espaciais e na identificação de relacionamentos, o que vai culminar no processo de categorização mental e, conseqüentemente, permitirá adquirir conhecimento sobre as feições analisadas.

O cientista de solo desenvolve seu esquema de conhecimento de solo baseado em representações em duas dimensões. Quando é sensibilizado por representações em três dimensões é esperado que demore um pouco até que seu cérebro se adapte a nova situação. Esse fato explica os minutos iniciais de desconforto dos especialistas na manipulação das representações tridimensionais. Esse tempo é o que MacEachren (1995) chama de tempo de treinamento do esquema de conhecimento, ou de adaptação do esquema de conhecimento ao novo estímulo. A análise da influência do conhecimento *a priori* da área de estudo, revelou que os sujeitos que conhecem a área tiveram uma pequena vantagem com respeito aos que desconhecem a área.

Ao analisar a comparação realizada pelos sujeitos sobre os dois tipos de representações, observou-se que todos apontaram os benefícios das representações em três dimensões. Todavia, cabe ressaltar que ficou registrada ainda a importância dos mapas tradicionais em duas dimensões, como alguns sujeitos apontaram, eles são úteis para marcações, análise de curvas de nível, entre outras tarefas. Acredita-se que os dois tipos de representação se complementam, cabe ao cientista identificar em quais situações um tipo é mais vantajoso do que o outro e procurar explorar essas vantagens.

A análise dos resultados, a partir da teoria de cognição espacial, possibilitou identificar os pontos a serem pesquisados. Com base nesta teoria foi possível caracterizar o raciocínio do cientista de solo no levantamento de solos, identificar as fases onde a cartografia é importante para esse cientista e construir um experimento, cujos resultados possibilitaram o entendimento da importância da aplicação da visualização cartográfica tridimensional na Ciência do Solo.

A ferramenta utilizada para visualização de representações tridimensionais, assim como a linguagem de programação utilizada, mostraram-se eficientes aos propósitos para os quais foram requeridas, quais sejam: velocidade na renderização das cenas e alta interatividade. Existem algumas melhoras a se fazer, como por exemplo a melhora do recurso *pan*, mas de forma geral as expectativas foram atingidas. É possível afirmar que a tese defendida nessa pesquisa foi confirmada. Portanto, a aplicação da visualização cartográfica tridimensional, juntamente com as diretrizes de projeto cartográfico contribuíram aos cientistas de solos em suas tomadas de decisão quanto ao planejamento do levantamento de solos. Principalmente na delimitação do



esboço inicial dos limites de solos e na identificação dos pontos de amostragem, para abertura de perfis *in loco*.

Como recomendações reconhece-se a necessidade da realização do experimento com um número maior de cientistas de solo, para que a significância estatística seja obtida, e assim possa-se generalizar os resultados. Pois, entende-se que as conclusões deste trabalho se aplicam ao grupo de cientistas que participaram do experimento. Além disso, sugere-se que o experimento seja aperfeiçoado, conforme apresentado nos resultados, para que se possa analisar a significância (avaliar acertos e erros) das decisões tomadas nas tarefas 01 e 02 da etapa III e da tarefa 01 da etapa IV, assim como comparar os resultados entre os grupos.

Sugere-se desenvolver um aplicativo que permita ao sujeito que manipule as representações editar as suas conclusões no próprio ambiente 3D. Uma vez que a ferramenta seja desenvolvida deve-se construir um experimento para avaliar qual o ganho ela possibilitou quanto à aquisição de conhecimento. Pois acredita-se que o fato do sujeito visualizar as representações em um ambiente dinâmico e traçar suas conclusões em um ambiente estático, acarreta perdas. Necessita investigar se esta perda é significativa ou não.

Recomenda-se que a metodologia dessa pesquisa sofra adaptações e seja aplicada a outras áreas do conhecimento, as quais sejam usuárias de representações cartográficas. O objetivo é entender como as representações influenciam a tomada de decisão de cientistas de áreas distintas. Esse entendimento poderá possibilitar identificar necessidades de categorias de usuários quanto às representações cartográficas.

A teoria de cognição espacial deve continuar sendo investigada, pois ela é fundamental para a explicação de questões relacionadas à aquisição de conhecimento. Além disso, o entendimento de como ocorre o processamento de informações no cérebro humano trará benefícios ao cartógrafo, pois, poder-se-á construir representações adaptadas ao esquema de conhecimento de cada grupo de usuários.

Uma outra questão que merece investigação é a influência do conhecimento *a priori* no processamento cognitivo. Entender como esse conhecimento afeta a

decodificação de um estímulo visual pode trazer muitos benefícios, principalmente para as áreas do conhecimento que trabalham com dados espaciais.

## REFERÊNCIAS

AceHTML Freeware. Disponível em:

<http://software.visicommedia.com/en/products/acehtmlfreeware/>. Acesso em março de 2007.

BARROS, O. N. F. **Análise estrutural e cartografia detalhada de solos em Marília, Estado de São Paulo**: Ensaio metodológico. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

BERLIN, B. Speculations on the growth of ethno-botanical nomenclature. **Language in Society**, Pittsburgh, v. 1, p. 51-86, 1972.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999.

BREWER, C. A.; HARROWER, M. **ColorBrewer**. Pennsylvania State University, GeoVISTA Center. 2002. Disponível em:

<<http://www.personal.psu.edu/faculty/c/a/cab38/ColorBrewer/ColorBrewer.html>>.

Acesso em: 12 de dezembro 2005. Software on-line.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. 2.ed. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 3, n. 20, p. 395-403, 1996.

DIBIASI, D.; MACEACHREN, A. M.; KRYGIER, J. B.; REEVES, C. Animation and the role of map design in scientific visualization. **Cartography and Geographic Information Science**, Gaithersburg, v. 19, n. 4, p. 201-214, 1992.

EARNSHAW, R. A.; WISEMAN, N. **An introductory guide to scientific visualization**. Alemanha: Spring-Verlag, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995.

\_\_\_\_\_. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FAIRBAIRN, D.; ANDRIENKO, G.; ANDRIENKO, N.; BUZIEK, G.; DYKES, J. Representation and its relationship with cartographic visualization. **Cartography and Geographic Information Science**, Gaithersburg, v. 28, n. 1, p. 13-28, 2001.

GIMP – GNU Image Manipulation Program. Disponível em: <http://www.gimp.org/>. Acesso em março de 2007.

GOGU, R. C.; DIETRICH, V. J.; JENNY, B.; SCHWANDNER, F. M.; HURNI, L. A geo-spatial data management system for potentially active volcanoes – GEOWARN project. **Computers & Geosciences**, Ottawa, v. 32, n. 1, p. 29-41, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.

ITAME, O. Y. **Controle de qualidade aplicado na modelagem digital do terreno**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Departamento de Cartografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001.

LAKOFF, G. **Woman, fire, and dangerous things**: what categories reveal about the mind. Chicago: University of Chicago Press. 1987.

LARACH, J. O. I. Usos de levantamentos de solos. **Informes Agropecuários**, Belo Horizonte, v. 9, n. 105, 1983.

LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984.

LIMA, V. C. Classificação dos solos. In: \_\_\_\_\_. **Fundamentos de solos para professores do ensino Fundamental e Médio**. Curitiba: UFPR, 2003. p. 120-145.

LLOYD, R. E. Assessment of simulated cognitive maps: the influence of prior knowledge from cartographic maps. **Cartography and Geographic Information Science**, Gaithersburg, v. 32, n. 3, p. 161-179, 2005.

LLOYD, R. E.; BUNCH, R. L. Individual differences in map reading spatial abilities using perceptual and memory processes. **Cartography and Geographic Information Science**, Gaithersburg, v. 32, n. 1, p. 33-46, 2005.

MACEACHREN, A. M. **Visualization**: Cartography for the 21<sup>st</sup> century. Department of Geography, Penn State University, 1999. Disponível em: [www.geog.psu.edu/ica/icavis/poland1.html](http://www.geog.psu.edu/ica/icavis/poland1.html). Acesso em 11 de março 2002.

\_\_\_\_\_. **How maps work**: Representation, visualization, and design. New York: The Guilford Press, 1995.

\_\_\_\_\_. **Some truth with maps**: a primer on symbolization and design. Washington: Association of American Geographers, 1994a.

\_\_\_\_\_. Visualization in modern cartography: setting the agenda. In: MACEACHREN, A. M.; TAYLOR, D. R. F. (ed.). **Visualization in modern cartography**. Oxford: Pergamon, 1994b. p. 1-12.

\_\_\_\_\_. The role of maps in spatial knowledge acquisition. **The Cartographic Journal**, London, v. 28, p. 152-162, 1991.

MACEACHREN, A. M.; GANTER, J. H. A pattern identification approach to cartographic visualization. **Cartographica**, Toronto, v. 2, n. 27, p. 64-81, 1990.

MACEACHREN, A. M.; KRAAK, M. Research Challenges in Geovisualization. **Cartography and Geographic Information Science**, Gaithersburg, v. 28, n. 1, p. 3-12, 2001.

MONTELLO, D. R. Cognitive map-design research in the twentieth century: theoretical and empirical approaches. **Cartography and Geographic Information Science**, Gaithersburg, v. 29, n. 3, p. 283-304, 2002.

PETERSON, M. P. The mental image in cartographic communication. **The Cartographic Journal**, London, v. 24, p. 35-41, 1987.

\_\_\_\_\_. **Interactive and animated cartography**. Englewood Cliffs, Nova Jersey: Prentice Hall, 1995.

PHILLIPS, R. J. Are maps different from other kinds of graphic information? **The Cartographic Journal**, London, v. 26, p. 24-25, 1989.

PINKER, S. A theory of graph comprehension. In: FRIEDLE, R. (Ed.). **Artificial intelligence and the future of testing**. Norwood: Ablex, 1990. p. 73-126.

RASMASUNDARAM, V.; GRUNWALD, S.; MANGEOT, A.; COMERFORD, N. B.; BLISS, C. M. Development of an environmental virtual field laboratory. **Computers & Education**. Washington, n. 45, p. 21-34, 2005.

ROBBI, C. **Sistema para Visualização de Informações Cartográficas para Planejamento Urbano**. 369 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

ROWNTREE D. **Statistics without tears**: a primer for non-mathematicians. London: Penguin Books, 1981.

SLOCUM, T. A.; BLOK, C.; JIANG, B.; KOUSSOULAKOU, A.; MONTELLO, D. R.; FUHRMANN, S.; HEDLEY, N. R. Cognitive and usability issues in

geovisualization. **Cartography and Geographic Information Science**, Gaithersburg, v. 28, n. 1, p. 61-75, 2001.

SLUTER, C. R. Visualização Cartográfica: o avanço da cartografia digital. IN: COLÓQUIO DE CARTOGRAFIA PARA ESCOLARES e I FÓRUM LATINO-AMERICANO, 5., 2001, Maringá. **Boletim de Geografia ...** Maringá, v. 1, p. 51-60, 2001a.

\_\_\_\_\_. Visualização cartográfica: o avanço da cartografia digital e pesquisas futuras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 20., 2001. Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre, 2001b. CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **Cartografia geral**. Curitiba: Departamento de Geomática, 2005. Apostila Didática.

VISVALINGAM, M. Cartography, GIS and maps in perspective. **The Cartographic Journal**, London, v. 26, p. 26-32, 1989.

Web3DConsortium. Open Standards for Real-Time 3D Communication. The message boards cover topics on X3D, Xj3D and more. Disponível em: <http://www.web3d.org/x3d/>. Acesso em março de 2007.

X3D-Edit for Extensible 3D (X3D) Graphics. Disponível em: <http://www.web3d.org/x3d/content/README.X3D-Edit.html>. Acesso em março de 2007.

ZHU, B.; CHEN, H. Using 3D interfaces to facilitate the spatial knowledge retrieval: a geo-referenced knowledge repository system. **Decision Support Systems**, Austin, n. 40, p. 167-182, 2005.

## **APÊNDICES**

### **APÊNDICE A - Representações bidimensionais**

As representações bidimensionais foram geradas originalmente na escala 1:10000, impressas em tamanho A2 (420 X 594 milímetros) para serem utilizadas no experimento. Neste apêndice elas encontram-se em escala reduzida da utilizada no experimento, impressas em tamanho A4 (210 X 297 milímetros).

687000

688000

689000

690000

7191000

7190000

7189000

7191000


7190000


7189000

## Legenda


 Poligonal Envolvente


### Hidrografia

 Represas e Lagoas

 Cursos d'Água

### Altimetria

 Curvas Intermediárias

 Curvas Mestras

 Pontos Cotados



0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR



687000

688000

689000

690000

7191000

7191000

7190000

7190000

7189000

7189000

687000



688000

689000

690000

### Legenda

#### Hidrografia

-  Represas e Lagoas
-  Cursos d'Água



0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

687000

688000

689000

690000

7191000

7190000

7189000

7191000

7190000

7189000

687000

688000


689000


690000

## Legenda


 Poligonal Envolvente

### Hidrografia

 Represas e Lagoas

 Cursos d'Água

### Distância em metros

 000,0-050,0

 050,1-100,0

 100,1-200,0

 200,1-300,0

 300,1-400,0

 400,1-500,0



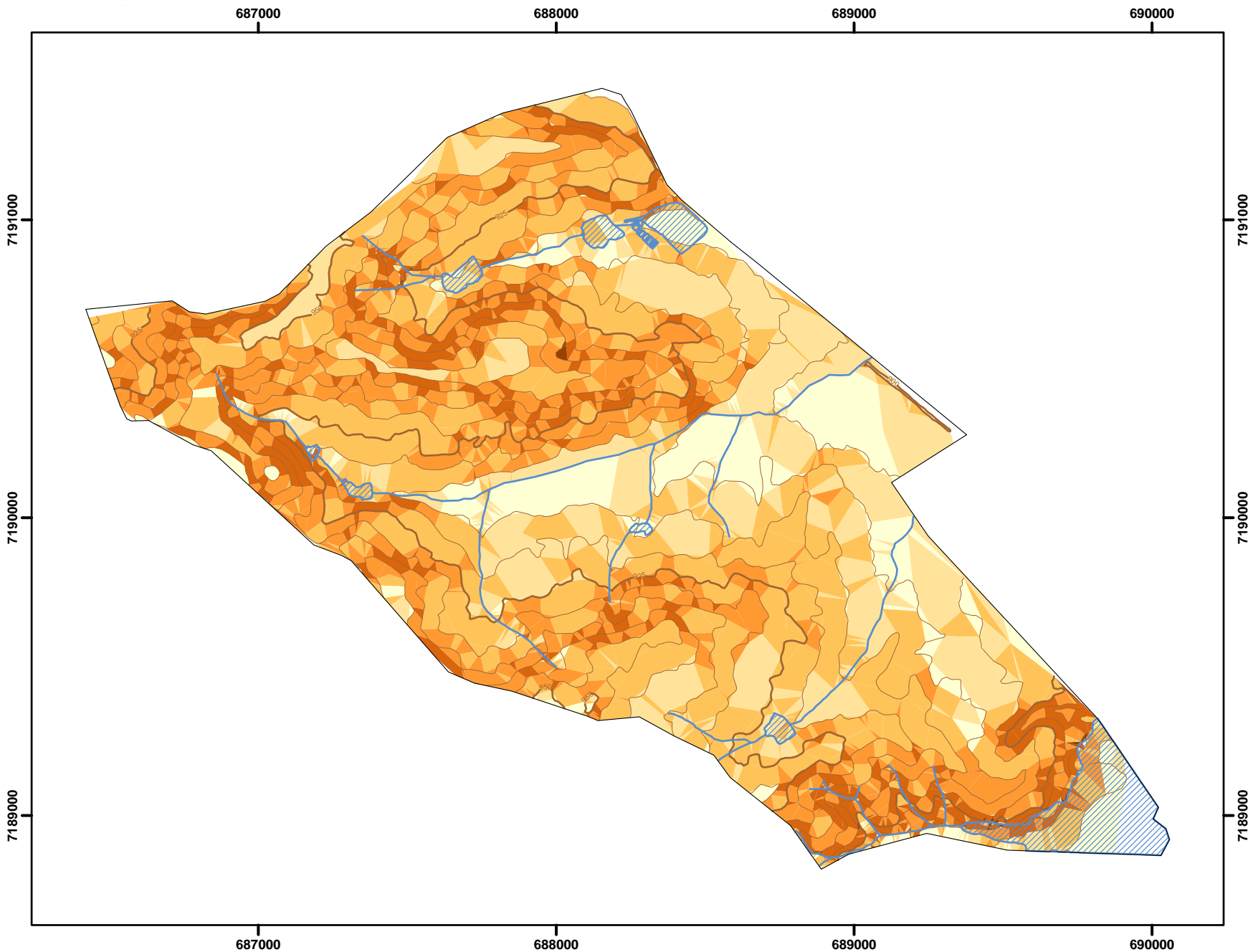
0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

## Declividade - Classes de Capacidade de Uso do Solo




### Legenda


 Poligonal Envolvente

#### Hidrografia

 Represas e Lagoas


 Cursos d'Água

#### Altimetria

 Curvas Intermediárias

 Curvas Mestras

#### Declividade em %

 00,0-02,0

 02,1-05,0

 05,1-10,0

 10,1-15,0

 15,1-45,0

 > 45,0



0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

## Declividade - Classes definidas pela Embrapa

687000

688000

689000

690000

7191000

7190000

7189000

687000

688000

689000


690000

7191000


7190000


7189000

### Legenda


 Poligonal Envolvente


#### Hidrografia

 Represas e Lagoas

 Cursos d'Água


#### Altimetria

 Curvas Intermediárias

 Curvas Mestras


#### Declividade em %

 00,0 - 03,0

 03,1 - 08,0

 08,1 - 13,0

 13,1 - 20,0

 > 20,0



0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

687000

688000

689000

690000

7191000

7190000

7189000

687000

688000

689000


690000

7191000

7190000


7189000

## Legenda


 Poligonal Envolvente


### Hidrografia


 Represas e Lagoas


 Cursos d'Água


### Hipsometria - Intervalos em metros


 870,00-879,99


 880,00-889,99


 890,00-899,99


 900,00-909,99

 910,00-919,99

 920,00-929,99

 930,00-939,99

 940,00-949,99

 950,00-959,99



0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

687000

688000

689000

690000

7191000

7190000

7189000

7191000

7190000

7189000


687000

688000

689000


690000

### Legenda


 Poligonal Envolvente

#### Hidrografia

 Represas e Lagoas

 Cursos d'Água

#### Geologia

 Sedimentos Recentes -QHI

 Formação Guabirotuba - QPGA

 Formação Guabirotuba - QPGB



0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR  
Mapeamento Geológico  
Fornecido pela Minerais do  
Paraná S/A - MINEROPAR



687000

688000

689000

690000

7191000

7191000

7190000

7190000

7189000

7189000

687000

688000

689000

690000



0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

Imagem Ikonos  
Res. na banda pan de 1 metro  
Data: 28/02/2004  
Composição: 3R4G2B

687000

688000

689000

690000

7191000

7191000

7190000

7190000

7189000

7189000

687000

688000

689000

690000



0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR



## APÊNDICE B - Código fonte do programa MDT\_X3D.m

```
%*****PROGRAMA PARA CONVERSÃO DE MDT EM GRIDS X3D*****
%
%***** MESTRADO EM CIENCIAS GEODESICAS*****
%
%
%*****João Paulo Bueno do Prado*****
%
%
%*****20/02/2007*****
clear
%entrada de dados no programa
disp(' UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ ')
disp(' MESTRADO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS ')
disp(' ')
disp(' JOÃO PAULO BUENO DO PRADO ')
disp(' ')
disp(' PROGRAMA PARA CONVERSÃO DE MDT EM GRIDS X3D ')
disp(' ')
disp('POR FAVOR DIGITE O VALOR DA RESOLUÇÃO ESPACIAL DO MDT ')
disp(' ')
s=input('RESOLUÇÃO ESPACIAL: ');
%Calculo do tempo gasto para o processamento
tic;
%Determinando os nomes dos arquivos de entrada e saída
valor = num2str(s);
prefixo1= './ENTRADA/MDT_';
prefixo2= './SAIDA_X3D/MDT_X3D_';
prefixo3= './SAIDA_TEXTURA/MDT_Textura_';
nome_arquivo_ABRIR=strcat(prefixo1,valor,'.txt');
nome_arquivo_X3D=strcat(prefixo2,valor,'.txt');
nome_arquivo_TEXTURA=strcat(prefixo3,valor,'.txt');
%Carrega o arquivo que contem a grade Regular de pontos
EL=load(nome_arquivo_ABRIR);
%Encontrando o maior e o menor valor na matriz
ma=max(EL);
MA=max(ma);
mi=min(EL);
MI=min(mi);
%Verificando as dimensões de EL
F=size(EL);
%Armazenando em L o número de linhas
L=F(1);
%Armazenando em C o número de colunas
C=F(2);
%Abrindo um arquivo para armazenar a saída
fid = fopen(nome_arquivo_X3D,'w');
%Loop para carregar o MNT
for n=1:L
    for m=1:C
        if EL(n,m)==3.400000000e+037
            MDT(n,m)=0.00;
        else
            MDT(n,m)=EL(n,m)-(MI-1);
        end
        fprintf(fid,'%3.2f ',MDT(n,m));
    end
end
```

```

        end
        fprintf(fid,'\n');
    end
    fclose(fid);
    toc;
    Tempo1=toc;
    tic;
    %Carregando um arquivo para armazenar a calibração da imagem
    TEX = fopen(nome_arquivo_TEXTURA,'w');
    %Calculando a razão entre os valores
    rL=1/(L-1);
    rC=1/(C-1);
    %Gerando os vetores de calibração
    TL=0:rL:1;
    TC=0:rC:1;
    %Gerando o arquivo com o vetor para inverter a imagem
    for s=L:-1:1
        for t=1:C
            fprintf(TEX,'%1.5f %1.5f ',TC(t), TL(s));
        end
    end
    %Fechando o arquivo de TEXTURA
    fclose(TEX);
    toc;
    Tempo2=toc;
    Tempo_Final=Tempo1+Tempo2;
    R=load(nome_arquivo_TEXTURA);
    TAM=size(R);
    %Gerenciando nome de variáveis de arquivo de saída
    prefixo4= 'MDT_';
    prefixo5= 'TEXTURA_';
    nome_MDT=strcat(prefixo4,valor);
    nome_TEXTURA=strcat(prefixo5,valor);
    %Salvando um relatorio auxiliar
    REL=fopen('RELATORIO.txt', 'a');
    fprintf(REL,'%s %s %i %s %i\n', nome_MDT, 'linhas ', L, 'colunas', C);
    fprintf(REL,' \n');
    fprintf(REL,'%s %s %i %s %i\n', nome_TEXTURA, 'linhas ', TAM(1), 'colunas ', TAM(2));
    fprintf(REL,' \n');
    fclose(REL);
    %Salvando um relatorio com o tempo gasto no processamento e calculando
    %número de pontos por área
    num_pontos=L*C;
    area_m=10516718.718750;
    area_ha=area_m/10000;
    area_km=area_m/1000000;
    pontos_area_m=num_pontos/area_m;
    pontos_area_ha=num_pontos/area_ha;
    pontos_area_km=num_pontos/area_km;
    t=fopen('Pontos_Tempo_Processamento.txt', 'a');
    fprintf(t,'%s %s %i %s %f %s %f %s %f %s %f ', nome_MDT, 'pontos', num_pontos, ...
        'pontos/m^2 ',pontos_area_m, 'pontos/ha ', pontos_area_ha, 'pontos/km^2 ', ...
        pontos_area_km, 'Tempo(s) ', Tempo1);
    fprintf(t,' \n');
    fprintf(t,'%s %s %f ', nome_TEXTURA, 'Tempo(s)', Tempo2);
    fprintf(t,' \n');
    fprintf(t,'%s %f ', 'TEMPO TOTAL(s) = ', Tempo_Final);
    fprintf(t,' \n\n');
    fclose(t);

```

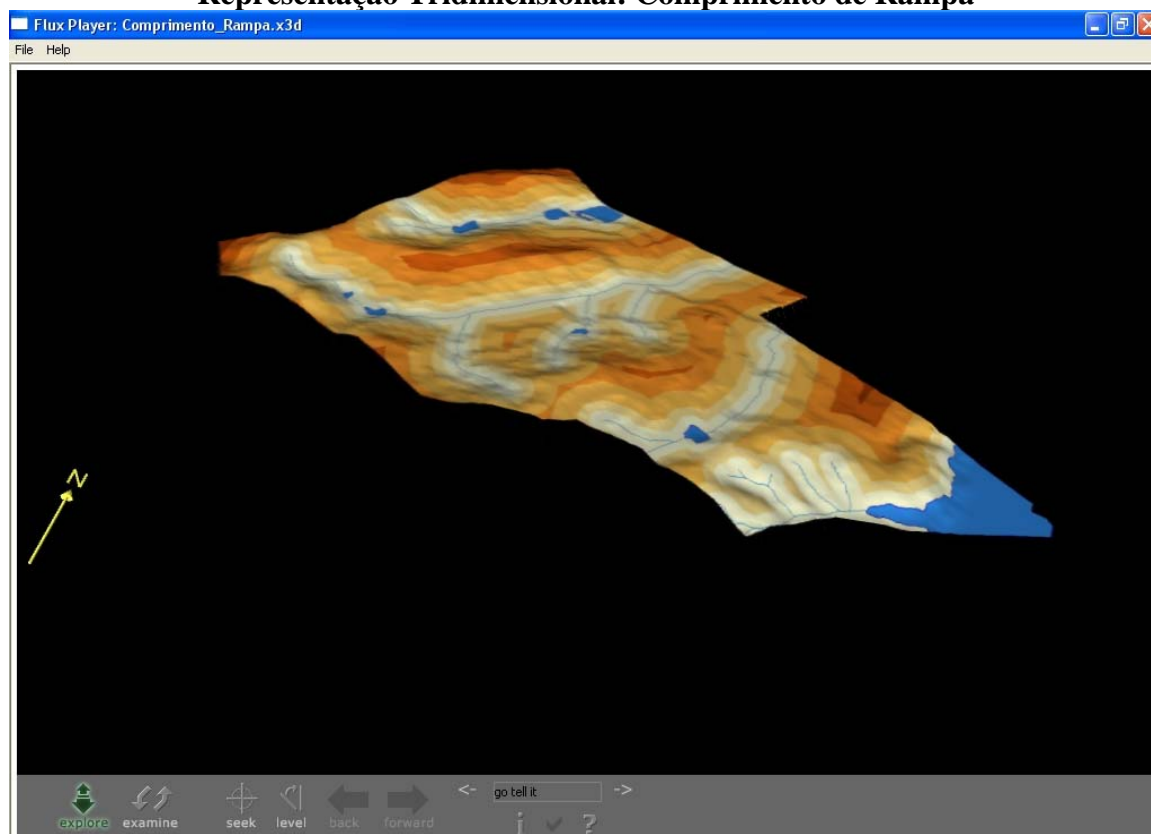


```
<Billboard>
  <Shape>
    <Text solid="true" string="N">
      <FontStyle family="SANS" justify="MIDDLE" size="100"/>
    </Text>
    <Appearance USE="Color"/>
  </Shape>
</Billboard>
</Transform>
</Transform>
</Scene>
</X3D>
```

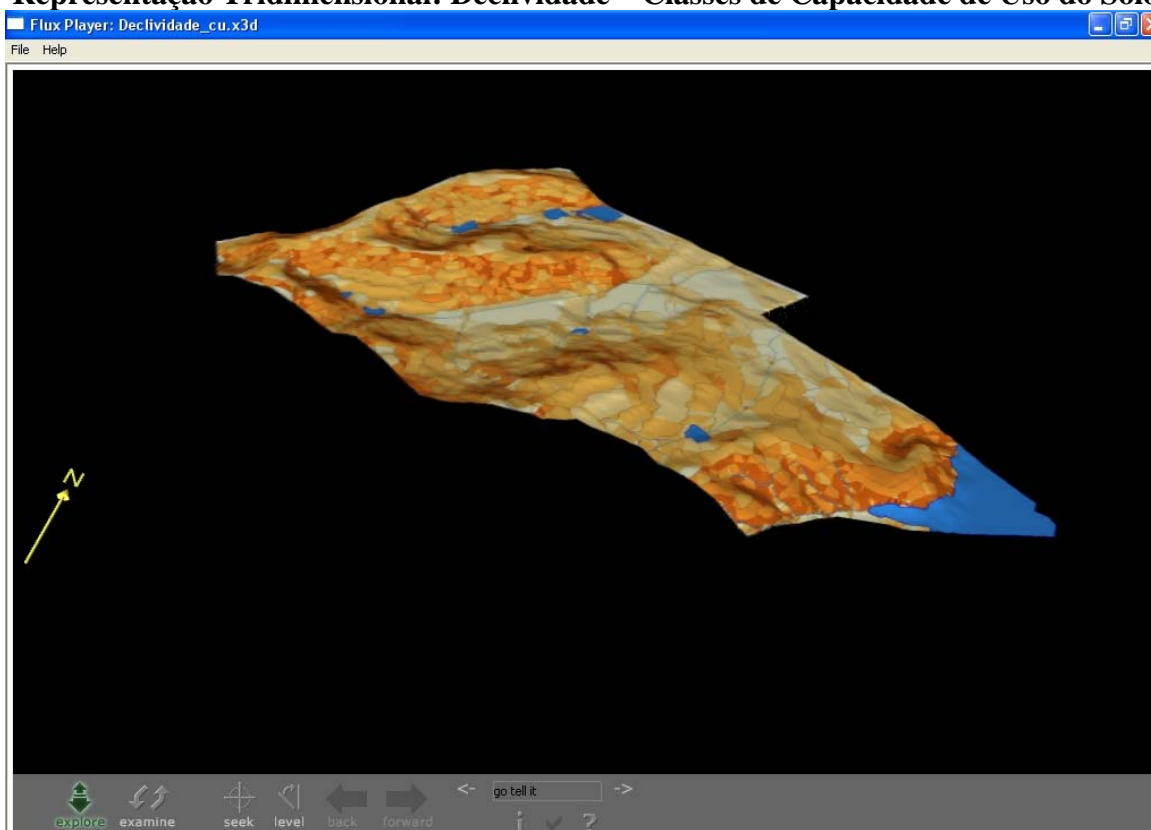
## APÊNDICE D - Representações tridimensionais

Segue neste apêndice a imagem da cena inicial de cada uma das oito representações tridimensionais construídas neste trabalho. Ressalta-se que a imagem capturada e anexada não corresponde à interface do aplicativo construído em html, corresponde à interface do *media player* utilizado, o *flux player*. Adotou-se esta opção para melhorar a visualização da representação em três dimensões. Ressalta-se, ainda, que no aplicativo foi construída uma interface que possibilita ao usuário consultar informações técnicas das representações, conforme ilustrado na figura 15.

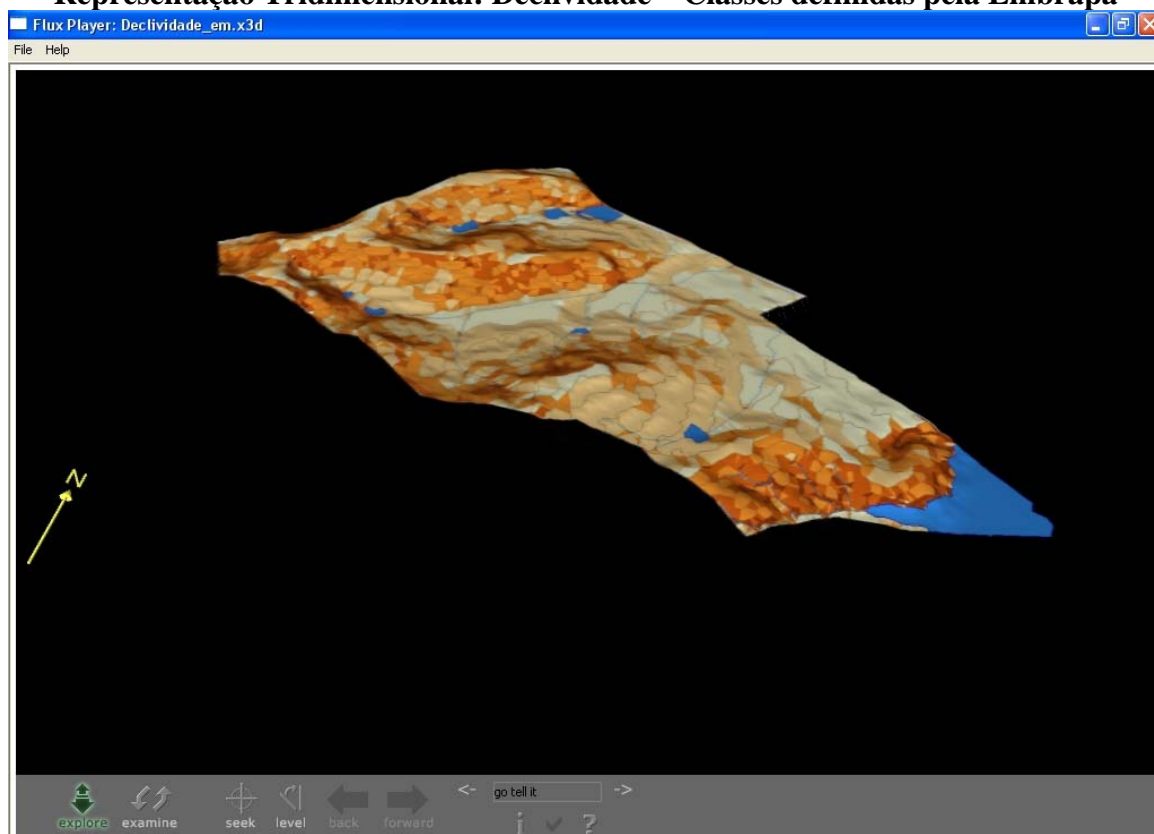
### Representação Tridimensional: Comprimento de Rampa



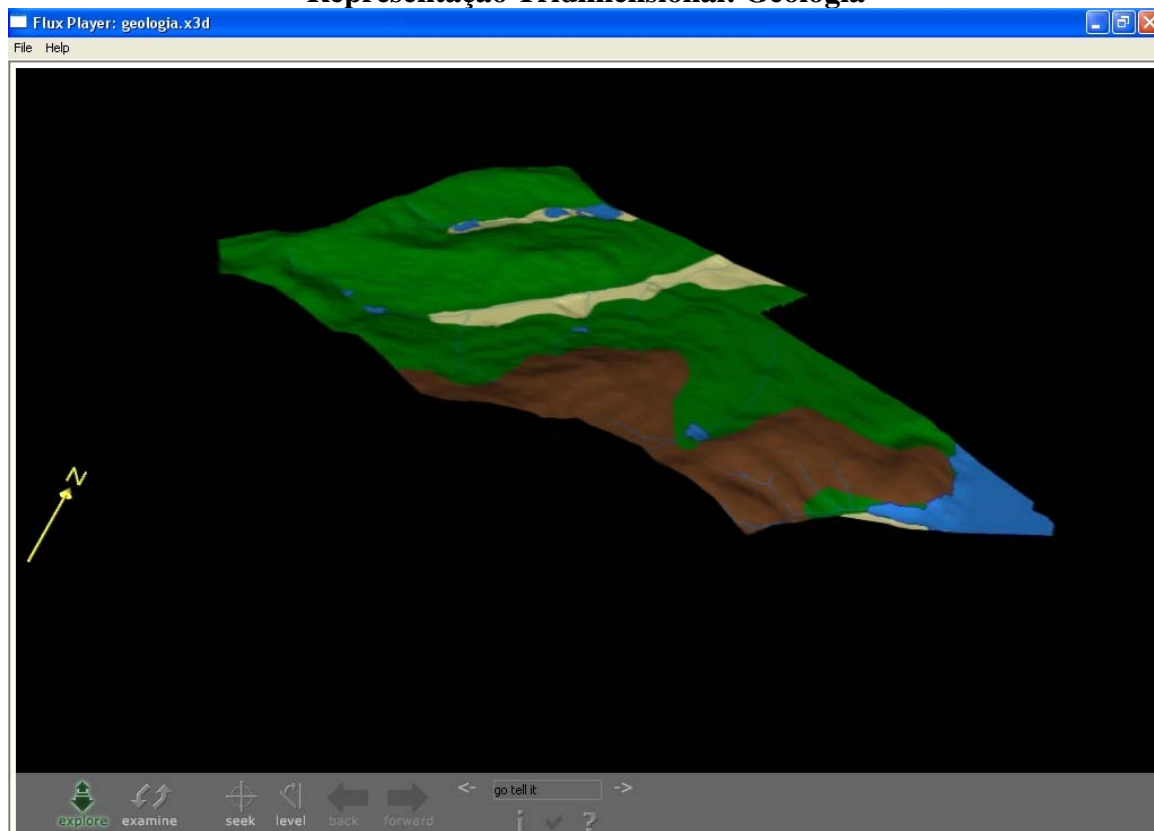
### Representação Tridimensional: Declividade – Classes de Capacidade de Uso do Solo



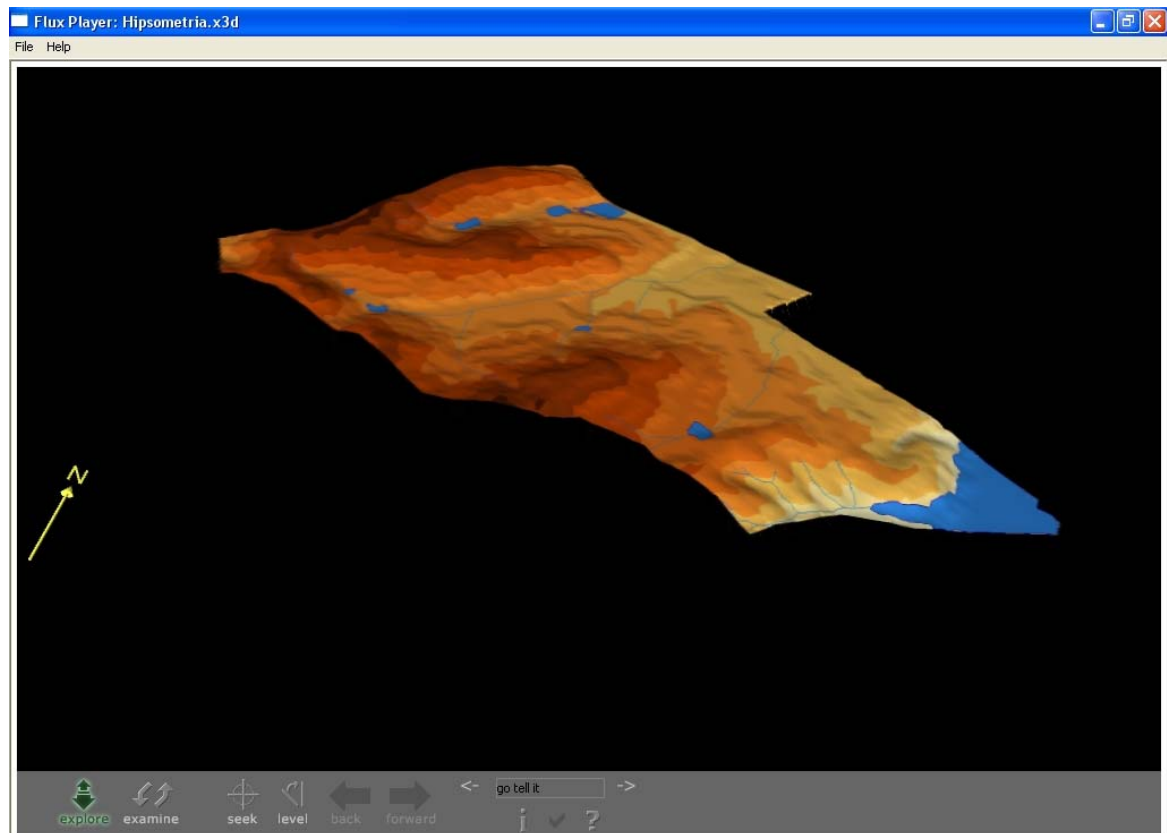
### Representação Tridimensional: Declividade – Classes definidas pela Embrapa



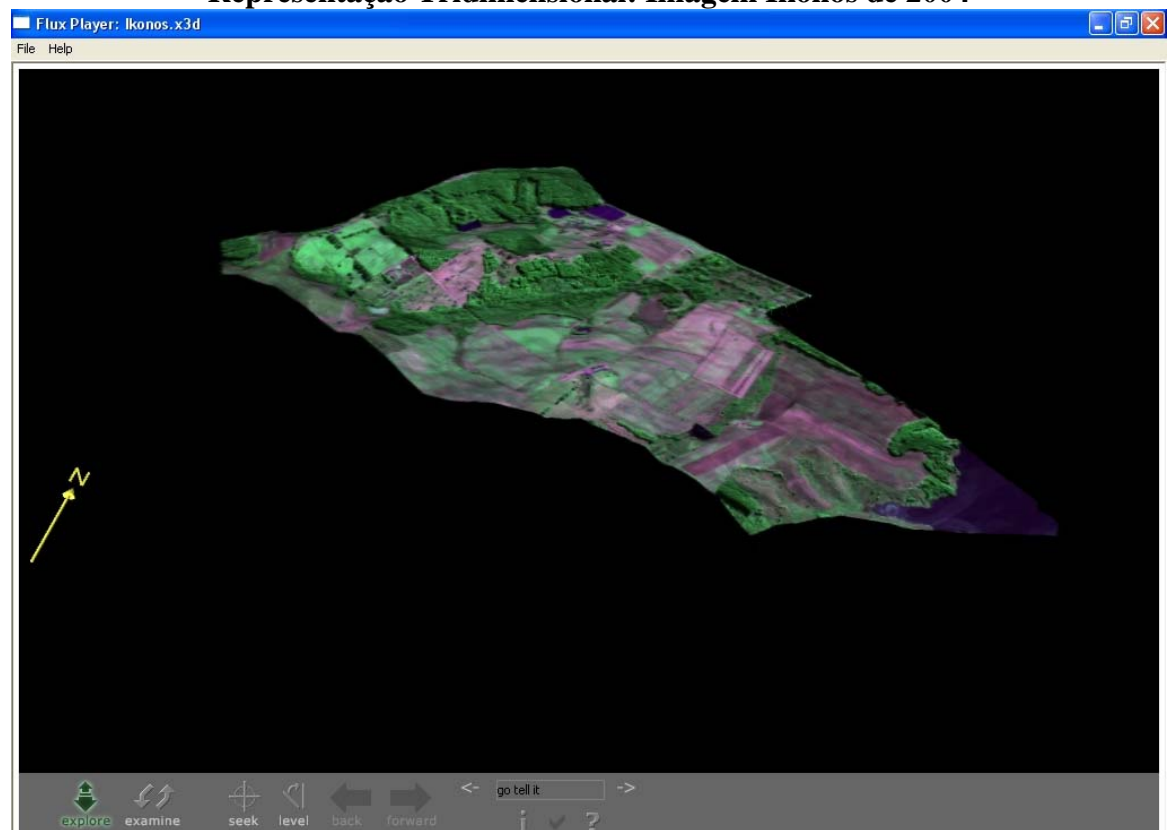
### Representação Tridimensional: Geologia



## Representação Tridimensional: Hipsometria

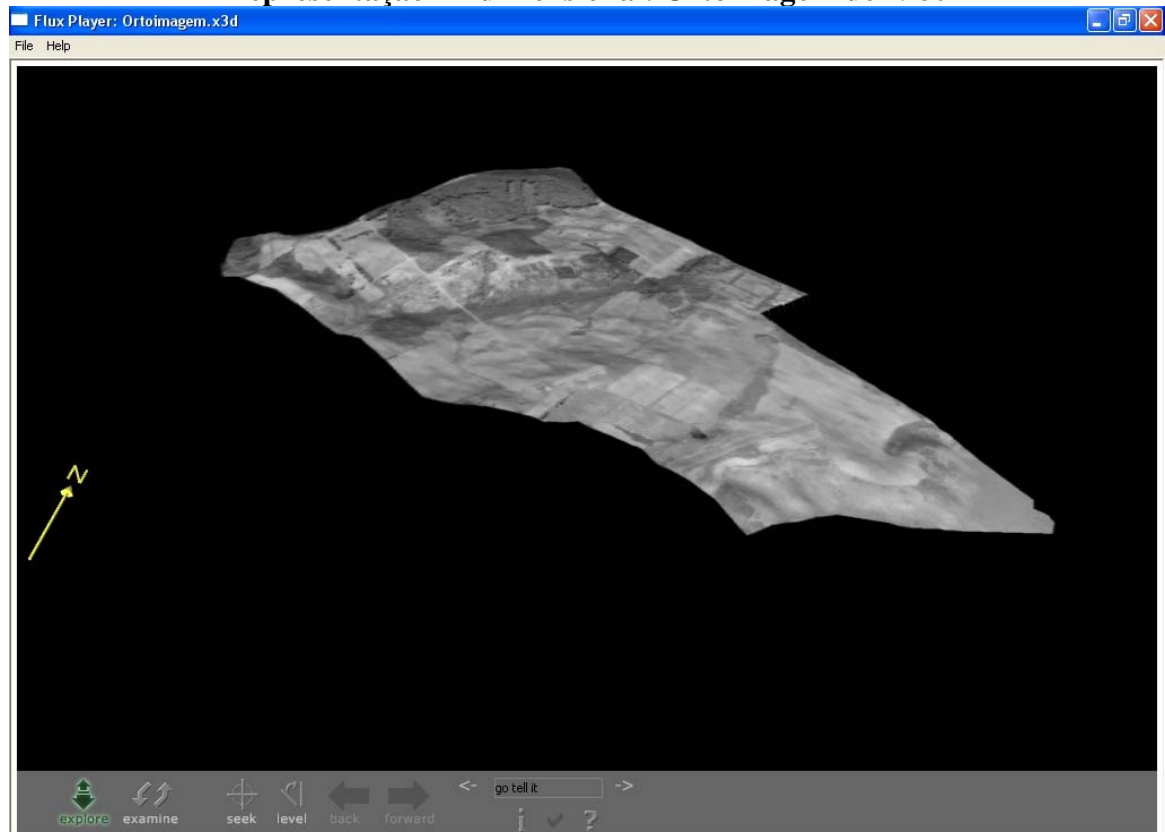


## Representação Tridimensional: Imagem Ikonos de 2004

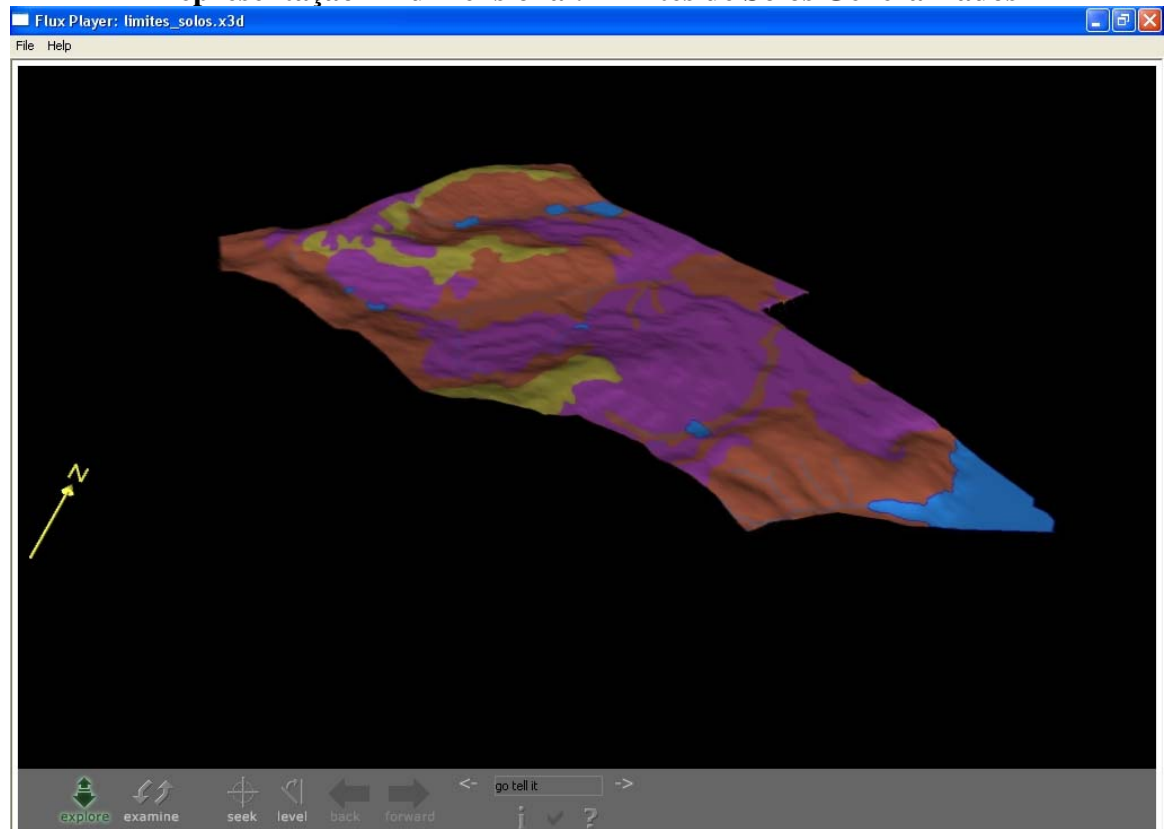




### Representação Tridimensional: Ortoimagem de 1980



### Representação Tridimensional: Limites de Solos Generalizados



## APÊNDICE E: Código fonte da página HTML da etapa III do aplicativo

```

<html>
<!-- Created on: 10/5/2007 -->
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1252">
<title>Visualização Cartográfica aplicada às Ciências do Solo</title>
<meta name="description" content="Aplicativo Web para realização de experimento de pesquisa de Pós-
Graduação em Ciências Geodésicas">
<meta name="keywords" content="Visualização Cartográfica, Ciências do Solo, Cognição Espacial">
<meta name="author" content="João Paulo Bueno do Prado">
<meta name="generator" content="AceHTML Freeware">
<table width=100% height=1 border=1 align=center cellpadding=0 cellspacing=0 summary="">
<tr>
<td width=150></td>
<td width=724><font size="+1"><b><div style="text-align: center">ETAPA
III</div></b></font></font></td>
<td width=150></td>
</tr>
</head>
<body>
<table width=100% height=5% border=0 align=center cellpadding=0 cellspacing=0 summary="">
<tr>
<td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
<td><h4><div style="text-align: left"><b><br><br>CLIK NO NOME DE CADA REPRESENTAÇÃO
PARA VISUALIZAR:<br><br></b></div></h4></td>
</tr>
</table>
<hr size="1" color="050000">
<table width=100% height=5% border=0 cellspacing=4 summary="">
<tr>
<td><h4><div style="text-align:
center"><a href="frames/Exp0512_Etapa3_Comprimento_Rampa.html"><br><br>Comprimento de
Rampa</a></div></h4></td>
<td><h4><div style="text-align: center"><a
href="frames/Exp0512_Etapa3_Declividade_em.html"><br><br>Declividade - Intervalo
Embrapa</a></div></h4></td>
</tr>
<tr>
<td><h4><div style="text-align: center"><a
href="frames/Exp0512_Etapa3_Declividade_cu.html"><br><br>Declividade - Intervalo Capacidade de
Uso</a></div></h4></td>
<td><h4><div style="text-align: center"><a
href="frames/Exp0512_Etapa3_Geologia.html"><br><br>Geologia</a></div></h4></td>
</tr>
<tr>
<td><h4><div style="text-align: center"><a
href="frames/Exp0512_Etapa3_Hipsometria.html"><br><br>Hipsometria</a></div></h4></td>
<td><h4><div style="text-align: center"><a href="frames/Exp0512_Etapa3_Ikonos.html"><br><br>Imagem de
Satélite - 2004</a></div></h4></td>
</tr>
<tr>
<td><h4><div style="text-align: center"><br><br><a
href="frames/Exp0512_Etapa3_Ortoimagem.html">Fotografia Aérea - 1980</a></div></h4></td>
</tr>

```

```

</table>
<hr size="1" color="050000">
<table width=100% height=3 border=0 align=center summary="">
  <tr><td><divstyle="text-align:center"><h4><a
href="Exp051_Etapa3_Tarefas.html"><br><br>Tarefas<br><br></a></h4></div></td>
  </tr></table>
<hr size="1" color="050000">
<table width=100% border=0 cellpadding=0 cellspacing=0 bgcolor=#CCCCCC summary="">
  <tr><tdwidth=512><divstyle="text-align:center"><h4><font color="#000099"><a
href="Exp02_ExperimentoLinks.html">Índice de Etapas</a></font></h4></div></td>
  <td width=512><div style="text-align: center"><h4><font color="#000099"><a
href="Exp06_Etapa4.html">Etapa IV</a></font></h4></div></td>
  </tr>
</table>
</body>
</html>

```

## APÊNDICE F - Questionário aplicado na etapa I do experimento

### PERFIL DO SUJEITO PARTICIPANTE DA PESQUISA

(1) Nome (facultativo):
(2) Titulação:
(3) Área do conhecimento que atua?
(4) Quais disciplinas você ministra?
(5) Há quanto tempo atua profissionalmente na Ciência do Solo?
(6) Quando se fala em solo o que você imagina?
(7) Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

(8) Considerando as variáveis citadas na resposta da pergunta 7, por favor, preencha o quadro a seguir:

<b>Variáveis espaciais relacionadas ao conceito solo:</b>	<b>Principais atributos das variáveis:</b>	<b>Essa variável espacial está relacionada com quais outras variáveis:</b>

(9) Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.
(10) Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?
(11) Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?
(12) Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

## APÊNDICE G - Etapa II do experimento: Caracterização Física da Fazenda Canguiri

A Fazenda Experimental Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR), foi escolhida como área piloto para a realização deste experimento. A base cartográfica para criação das representações foi cedida pelo Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná.

A Fazenda Canguiri está localizada no município de Pinhais (PR), região metropolitana de Curitiba, na margem direita da BR-116, sentido São Paulo, distante cerca de 18 km de Curitiba. As coordenadas geográficas centrais aproximadas são: latitude 25°23'30"S e longitude 49°07'30" W.

Quanto à litologia, a Fazenda Canguiri está situada na Bacia Sedimentar de Curitiba, a qual segundo Salamuni, E. e Stellfeld (2001) é formada por sedimentos do Terciário médio ao superior (Formação Guabirotuba) e Quaternário (Formação Tinguís), bem como depósitos alúvio-coluvionares recentes. Estas unidades estão sobrepostas a metamorfitos do embasamento.

A Bacia Sedimentar de Curitiba está situada no Primeiro Planalto Paranaense, está limitada a Leste pela Serra do Mar e a Oeste pela escarpa Devoniana (Serra de São Luiz do Purunã) e apresenta larguras de 70 a 80 quilômetros (BIGARELLA; SALAMUNI, R. 1959; SALAMUNI, E.; EBERT; HASUI, 2004).

Segundo Bigarella, Mousinho e Silva (1965) a formação da Bacia Sedimentar de Curitiba iniciou-se a partir do pediplano Pd<sub>2</sub>, o qual subseqüentemente passou por uma fase erosiva em clima úmido que causou a dissecação da paisagem. Esta fase originou uma superfície irregular com colinas.

Posterior a essa fase erosiva e úmida o clima mudou para um tipo semi-árido com chuvas concentradas em determinadas épocas. A cobertura vegetal tornou-se mais rala, deixando o solo exposto. As chuvas passaram a ser concentradas em certas épocas do ano, o que conferia às mesmas um caráter torrencial, quando ocorriam precipitações era desencadeado escoamento superficial em lençol, o qual arrastava sedimentos vertentes abaixo em direção aos vales e aos canais de drenagem. Estes sedimentos eram levados para as depressões do terreno onde se depositavam num ambiente playa-lacustre (BIGARELLA; MOUSINHO; SILVA, 1965).

A paisagem dessa bacia, atualmente, é composta por colinas, seu relevo apresenta ondulações suaves e altitudes entre 880 e 980 metros, entremeadas por amplas planícies aluvionares de inundação. Grande parte das colinas são articuladas por talwegues encaixados em fraturas e evidenciam processos de dissecação por talwegues menores em suas encostas (CANALI; MURATORI, 1981<sup>1</sup> apud SALAMUNI, E.; EBERT; HASUI, 2004 ).

A geomorfologia da área, segundo Ab'Sáber e Bigarella (1961)<sup>2</sup> citados por Salamuni, E., Ebert e Hasui (2004), apresenta dois compartimentos:

- (I) A Superfície Alto Iguaçu (MAACK, 1947<sup>3</sup>; ALMEIDA, 1955<sup>4</sup>), correspondente à Superfície Sul-Americana (KING, 1956<sup>5</sup>), definida como “típica de pediplanação exorrêica”, onde a elevação

<sup>1</sup> CANALI, N. E.; MURATORI A. M. Síntese da evolução geomorfológica da Bacia Sedimentar de Curitiba. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba, **Anais ...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, 1981. p. 335-362.

<sup>2</sup> AB'SÁBER, A. N.; BIGARELLA, J. J. Superfícies aplainadas do Primeiro Planalto do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 4/5, p. 116-125, 1961.

<sup>3</sup> MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, n. 2, p. 63-154, 1947.

isostática do escudo permitiu a erosão e a abertura de um compartimento intermontano de eversão, com um posterior aplainamento; e

(II) A Superfície de Curitiba, gerada por pediplanação predominantemente endorrêica.

Bigarella, Mousinho e Silva (1965) atribuíram as superfícies aplainadas do Primeiro Planalto do Paraná a processos morfoclimáticos, com alternância de climas úmidos e secos.

Com respeito ao embasamento da Bacia Sedimentar de Curitiba, Salamuni, E. e Stellfeld (2001), afirmam que este é formado essencialmente por xistos, gnaisses, gnaisses-granitos e anfibolitos migmatizados, e secundariamente por xistos e quartzitos, que normalmente são rochas do Paleoproterozóico rejuvenescidas no Neoproterozóico, cujo metamorfismo é normalmente retrogradacional da fácies anfibolito para a fácies xisto.

As coberturas sedimentares desta área correspondem às formações Guabirotuba e Tinguis, em contato discordante erosivo, além de depósitos aluvionares. Para Bigarella, Mousinho e Silva (1965) a constituição da formação Guabirotuba está relacionada a um represamento tectônico efetivo através da soma de pequenos falhamentos geomorfológicos contrários em zonas ocidentais da Bacia Sedimentar de Curitiba e a mudanças climáticas que ocasionaram modificações da capacidade de transporte do material detrítico.

Segundo Bigarella, Mousinho e Silva (1965), grande parte dos sedimentos que constituem a Formação Guabirotuba foram originados a partir da decomposição química das rochas cristalinas Pré-Cambrianas em clima úmido e erodidos, transportados e depositados em condições climáticas semi-áridas.

A Formação Guabirotuba, apresenta área de cerca de 3000 km<sup>2</sup>. É composta por bancos pouco consolidados de argilas, arcósios, depósitos rudáceos (conglomeráticos) e de finos depósitos carbonáticos (caliches), bem como areias Arcosianas e cascalhos. As camadas argilíticas e siltíticas, geralmente, são maciças, de coloração cinza a cinza esverdeada, e gradam para os termos mais grossos de forma interdigitada ou abrupta. Os depósitos Rudáceos são Oligomíticos com predominância de seixos de quartzo e são encontrados com frequência na borda da Bacia de Curitiba. A espessura dos sedimentos varia de 1 a 85 metros, cuja média é de 40 metros. Estruturalmente, os sedimentos são afetados por bandas e/ou zonas de cisalhamento rúpteis, com direções variadas, porém com tendências de orientação de planos para NE-SW e NW-SE. Estruturas maiores reativadas limitam a Bacia de Curitiba, tendo sido denominadas de Falha do Passaúna e Falha da Serra do Mar-Occidental (BIGARELLA; SALAMUNI, R. 1962; BECKER, 1982; SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R.; EBERT, 1999; SALAMUNI, E.; STELLFELD, 2001). A idade dos sedimentos foi admitida por Salamuni, E. (1998) como sendo Oligo-Miocênica.

A Formação Tinguis foi descrita como uma camada sedimentar com espessura variável de decimétrica a métrica, composta por seixos sub-angulosos e sub-arredondados, predominantemente de quartzo e quartzito (BIGARELLA; SALAMUNI, R. 1962a, 1962b). Becker (1982) descreveu as características sedimentológicas da Formação Tingui, como o retrabalhamento da Formação Guabirotuba em clima semi-árido. Quanto à idade da

---

<sup>4</sup> ALMEIDA, F. F. M. As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 23-40, 1955.

<sup>5</sup> KING, L. 1956. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 18, p. 147-263, 1956.

Formação Tinguís, Bigarella e Salamuni, E. (1962a, 1962b) e Becker (1982) caracterizam-na como Plio-Pleistocênica, não descartando a possibilidade de enquadrá-la no Terciário Médio.

O clima da área de estudo, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cfb, mesotérmico úmido, com temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C, com verão fresco e temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C. Conforme Salles (1998) não há estação seca definida e ocorrem geadas frequentes no inverno (cerca de 10 geadas noturnas por ano), totalizando uma média de 200 horas de frio abaixo de 7°C no período de maio a agosto. A precipitação pluvial anual média da região varia entre 1400 e 1500 milímetros, sendo os meses de abril e maio os mais secos, com médias de precipitação compreendidas entre 75 e 100 milímetro. A média anual de umidade relativa é de 80 a 85 % e a média de insolação anual é de 1800 horas (SALLES, 1998).

A cobertura vegetal original da região era composta por campos limpos, ou estepe gramíneo-lenhosa, entremeada por capões com elementos da floresta ombrófila mista (MARTINS, 2005).

## REFERÊNCIAS

BECKER, R. D. **Distribuição dos sedimentos cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e morfológica regional**. 180 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 16 /17, p. 117-152, 1965.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. **Caracteres texturais dos sedimento da Bacia de Curitiba**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1962a.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. Notas Complementares à Planta Geológica da Cidade de Curitiba e Arredores. **IBPT**, Curitiba: Ravaglio & Sassala Ltda, 1962b.

MARTINS, A. P. L. **Capacidade do *polygonum hydropiperoides* e *typha dominguensis* na fitorremediação de efluentes de tanques de piscicultura na região da bacia do Irai**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

SALAMUNI, E. **Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR)**. 214 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

SALAMUNI, E.; HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S.; EBERT, H. D. Sobre a tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR/BR). In: CONGRESSO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 2., Punta del Este. **Actas ...** Punta del Este: [s.n.], 1998. p. 10-15.

SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; HASUI, Y. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 34, p. 469-478, 2004.

SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R.; EBERT, H. D. Contribuição à geologia da Bacia Sedimentar de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 47, p. 123-142, 1999.

SALAMUNI, E.; STELLFELD, M. C. Banco de dados geológicos geo-referenciados da bacia sedimentar de Curitiba (PR) como base de Sistema de Informação Geográfica (SIG). **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 49, p. 21-31, 2001.

SALLES, R. F. de M. **Concentração de nutrientes nas folhas e metais pesados nos frutos de macieira (*malus domestica* borkh.) em função da aplicação de lodo de esgotos**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1998.

## **APÊNDICE H - Mapa de solos da Fazenda Canguiri**

Neste apêndice está o mapa de solos da Fazenda Canguiri, o qual foi elaborado pelos professores do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. A nomenclatura das classes de solos presente nesse mapa está desatualizada em relação à adotada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Esse mapa foi utilizado para a avaliação das respostas dos usuários na etapa IV, tarefa 2, do experimento.



687000

688000

689000

690000

7191000

7190000

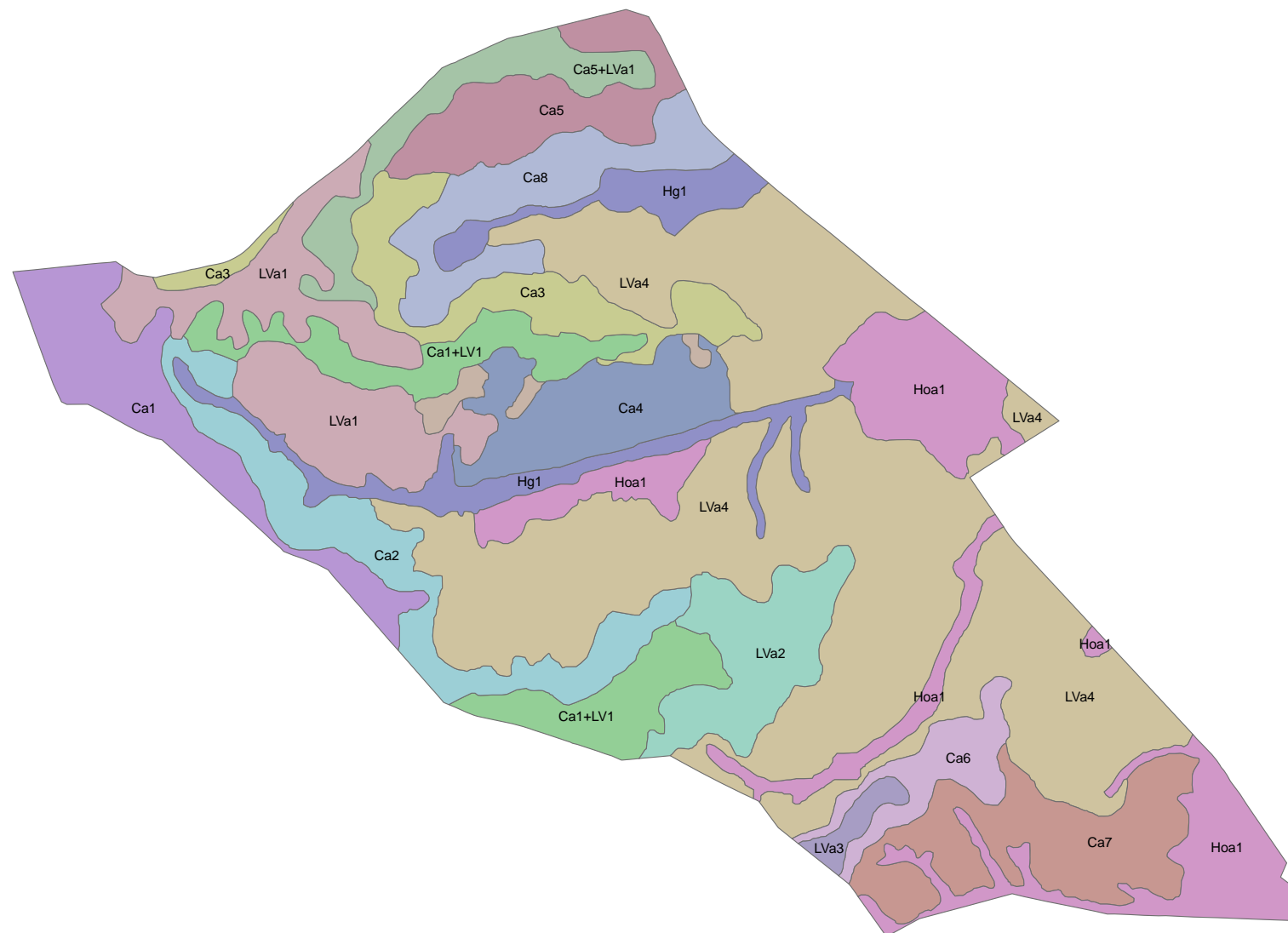
7189000

687000

688000

689000

690000



**Legenda**

**Solos**

- Ca1
- Ca1+LV1
- Ca2
- Ca3
- Ca4
- Ca5
- Ca5+LVa1
- Ca6
- Ca7
- Ca8
- Hg1
- Hoa1
- Lva1
- Lva2
- Lva3
- Lva4



0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica Fornecida pelo Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - UFPR

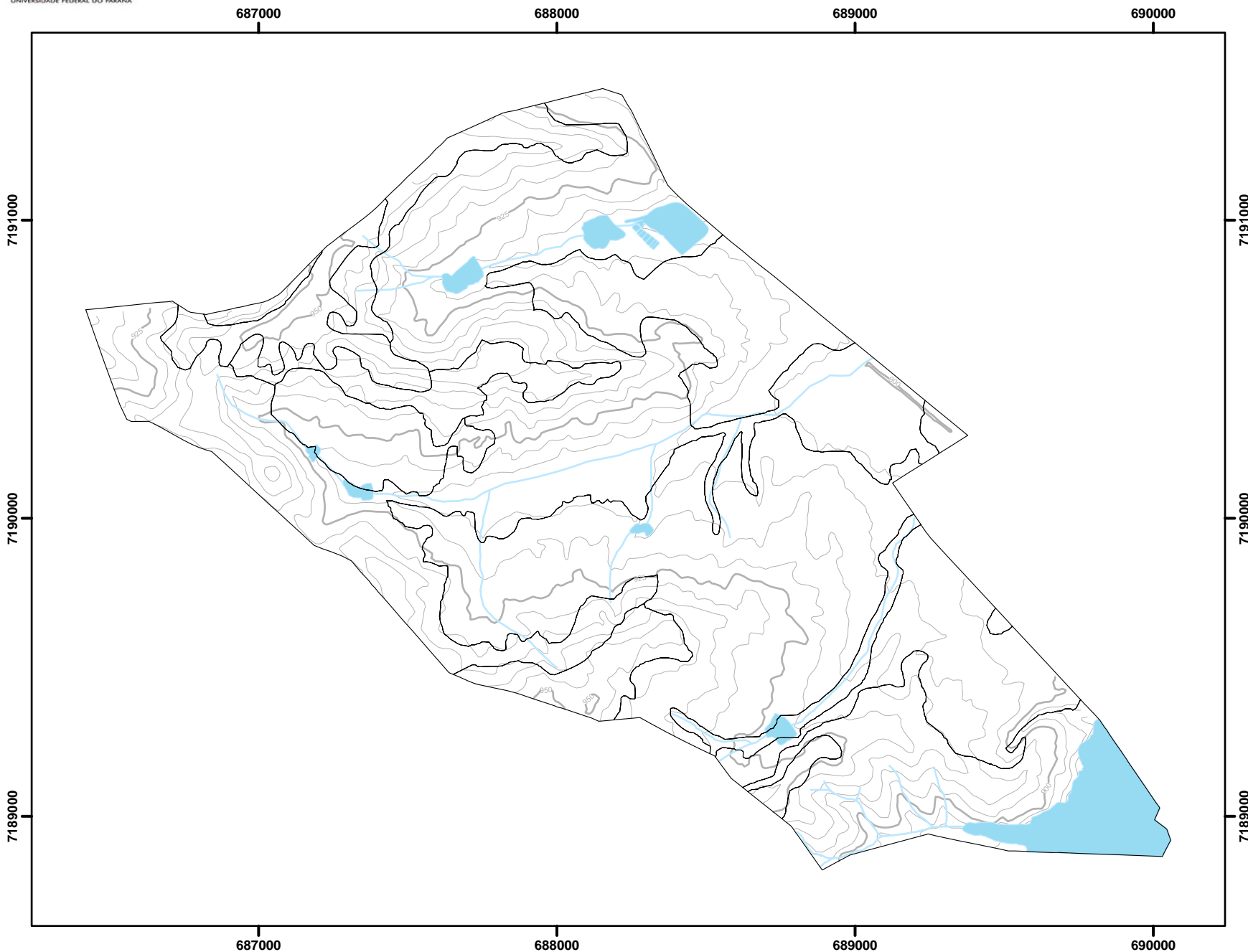
## APÊNDICE I - Legenda de solos utilizada na etapa IV

LVa1	Latossolo Vermelho Amarelo Álico, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado.
LVa2	Latossolo Vermelho Amarelo Câmbico, A proeminente ou moderado, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado.
LVa3	Latossolo Vermelho Amarelo, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado.
LVa4	Latossolo Vermelho Amarelo Álico, A proeminente ou moderado, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado.
Ca1	Cambissolo Álico Tb plântico, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos.
Ca2	Cambissolo Álico Tb plântico, A proeminente ou moderado, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado a ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos.
Ca3	Cambissolo Álico Tb, A proeminente ou moderado, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado a forte ondulado, substrato sedimentos pleistocênicos.
Ca4	Cambissolo Álico Ta ou Tb, A proeminente ou moderado, textura argilosa ou muito argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado a forte ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos.
Ca5	Cambissolo Álico Tb podzólico, A proeminente ou moderado, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado a ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos.
Ca6	Cambissolo Álico Tb, A proeminente ou moderado, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado a ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos.
Ca7	Cambissolo Álico Tb, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado a forte ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos, variação bruna.
Ca8	Cambissolo Álico Tb, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos.
Hoa1	Solos Orgânicos Álicos, fase campo subtropical, relevo plano a suave ondulado.
Hg1	Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados, textura argilosa, fase campo e floresta subtropical perenifólia de várzea, relevo plano a suave ondulado.
Ca1+LV1	Associação Latossolo Vermelho Amarelo Álico, A proeminente, relevo suave ondulado + Cambissolo Álico Tb plântico, A proeminente ou moderado, relevo suave ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos, ambos com textura argilosa, fase campo subtropical.
Ca5+LVa1	Associação Cambissolo Álico Tb podzólico, A proeminente ou moderado, relevo suave ondulado a ondulado, substrato composto por sedimentos pleistocênicos + Latossolo Vermelho Amarelo Álico, A proeminente, relevo suave ondulado, ambos com textura argilosa, fase campo subtropical.
Tipo de Terreno	

## **APÊNDICE J - Mapa com limites de solos generalizados**

O mapa com os limites de solos generalizados foi elaborado com a ajuda dos professores do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. A sua elaboração consistiu no agrupamento das classes de solos apresentadas no mapa do apêndice H, segundo a ordem de solos, nível 1 (um) do atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Esse mapa foi utilizado na etapa IV do experimento.

## Limites Generalizados de Solos



### Legenda

#### Pedologia

Limites de Solos

#### Hidrografia

Represas e Lagoas

Cursos d'Água

#### Altimetria

Curvas Intermediárias

Curvas Mestras



0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

## APÊNDICE K - Transcrição das entrevistas com os sujeitos

A seguir estão anexadas as transcrições das entrevistas realizadas com os sujeitos participantes do experimento. As entrevistas foram gravadas e transcritas, nesse apêndice estão apenas os trechos correspondentes às etapas I e V do experimento. Esta medida foi adotada porque se entende que essas etapas são decisivas na análise dos resultados. Procurou-se eliminar dos trechos transcritos falas que pudessem permitir a identificação dos sujeitos, assim como, aqueles diálogos que fugiram aos objetivos do experimento.

---

### SUJEITO – 2D001

#### ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**2D001**– *Um elemento fundamental para o desenvolvimento, elemento fundamental na Geografia, e para o cultivo.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**2D001**– *1-Relevo (Declividade, Hipsometria); 2-Geologia; 3-Vegetação.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**2D001**– *Sim, para elaboração de mapa de fragilidade, de fragilidade potencial, mapa de solo é essencial.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**2D001**– *Mapa geológico, declividade, vegetação, fotografias aéreas, basicamente isso.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**2D001**– *Não em todo o levantamento, acho que a medida que você consegue ver a diferença dos tipos de solos (Planejamento).*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**2D001**– *Sim. Acho que deve ter cambissolo, solo hidromórfico, podzólico.*

#### ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D

**JOÃO PAULO** – Para você as representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**2D001**– *Legal, com certeza, pois aqui você tem uma noção boa, enquanto você vê a curva só no plano ela te dá um tipo de visualização bem diferenciada do que um 3D, você consegue apesar de saber onde é topo de morro*

*onde é vale (...) a representação 3D te permite fazer uma aferição mais rápida, vai inferir mais rapidamente sobre aquilo, do que olhando o mapa no plano.*

## **SUJEITO – 2D002**

### **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**2D002**– *O perfil de solo.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**2D002**– *Morfologia e cor.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**2D002**– *Não.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

O sujeito não citou nenhum.

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

O sujeito não citou nenhuma.

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**2D002**– *Sim. Na fazenda canguiri tem, latossolo, cambissolo, litólicos, organossolos, gleissolos.*

### **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – Gostaria que você comparasse as representações em duas e em três dimensões.

**2D002**– *Muito bom rapaz, isso deve ter dado um trabalho do “cão”. Onde é a entrada da fazenda? Puxa!!! Papagaio!!!*

**JOÃO PAULO** – Para você as representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**2D002**– *Sem dúvidas, mas sem dúvidas mesmo, que na verdade eu preferia fazer uma prospecção de solo com esse material do que com qualquer outro mapa ali, com exceção da geologia. Barrabás!!! Muito bom. Eu acho, mas sem dúvida nenhuma. Beleza.*

## **SUJEITO – 2D003**

### **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**2D003**– *O perfil de solo.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**2D003**– *1-Natureza Litotípica; 2-Geomorfologia; 3-Hidrologia de superfície e subsuperfície; 4-Enquadramento Iônico de superfície e subsuperfície; 5-Natureza e intensidade de ocupação e uso do solo.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**2D003**– *Sim. Para estudo de potencialidades e vulnerabilidades ambientais.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**2D003**– *Mapas: Geológico, Geomorfológico, Planialtimétrico, Imagens de Satélite e Fotografias Aéreas.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**2D003**– *A fase inicial é mais fundamental, agora, depois quando você vai fazer toda a distribuição planar você tem que ter uma base cartográfica, então, é também fundamental na fase final (...). Depois que você tem seu mapa, você tem que colocar em uma base (...), é fundamental no início e depois para fazer planejamento e depois para a cartografia final.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**2D003**–*Sim. Na fazenda Canguiri, teria latossolos, cambissolos, gleissolos, organossolos, existe variações aí dentro, estou te dando em nível de ordem.*

## **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – Para você as representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**2D003**– *O 3D contribui muito, muito, de mais, nós fizemos todo o trabalho para uma empresa com sombreamento, seguramente, contribui, seguramente, uma ferramenta brutal.*

### **SUJEITO - 2D004**

## **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**2D004**– *O perfil de solo.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**2D004**– *1-Relevo; 2-Textura; 3-Estrutura; 4-Variáveis Físico-Hídricas;*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**2D004**– *Sim. Para o estudo de propriedades do solo para fins de agricultura de precisão e irrigação de precisão.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**2D004**– *A fotografia aérea, a topografia, depois a expressão de variáveis físico-hídricas.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**2D004**– *No planejamento do levantamento e diagnóstico, os mapas são importantíssimos, para subsidiar a tomada de decisão.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**2D004**– *Não.*

## **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – Gostaria que você comparasse as representações em duas e em três dimensões.

**2D004** – *Isso me interessa muito, (...), isso daqui eu sinto como se eu estivesse voando sobre. Agora eu quero conhecer um pouco mais essa região aqui, (...), muito bem, deixa eu ir na hipsometria logo de uma vez, perfeito. Puxa que maravilha essa representação, (...), aquilo que a cabeça da gente tem que fazer, já está feito, todo o treinamento que a gente tem para colocar o cérebro para visualizar o relevo a partir das curvas de nível já está feito, perfeito. Eu gostaria de aprender isso, (...), eu preciso atualizar meus conhecimentos, (...), está parecendo o Google Earth. O que era aqui antes, aqui agora já é água? Muito bem.*

**JOÃO PAULO** – As representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**2D004** – *Contribui bastante para a visualização. A partir da visualização dessas imagens, eu passo a ter uma descrição mais elaborada do processo, a probabilidade da minha decisão ser mais acertada é muito maior. Dentro da minha área eu venho buscando ferramentas que me permitam visualizar os dados. Visualizar não significa decisão tomada, mas a visualização contribui para a compreensão e a compreensão é a base para a tomada de decisão mais acertada. Mas a visualização contribui para a compreensão.*

## **SUJEITO – 2D005**

### **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**2D005**–*Quando falo em solos a primeira imagem que vem a minha cabeça é a distribuição do solo, o mapeamento do solo, a origem do solo, a importância do solo, e a importância do solo para a sociedade (...).*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**2D005**–*1-Geologia; 2-Relevo; 3-Vegetação; e 4-Clima.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**2D005**– *Uso mapa de solo para ver o problema de vulnerabilidade de solo e aptidão agrícola, e também solo urbano.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**2D005**– *Uso mapas temáticos, de uso do solo, geológico, imagem de satélite, mapa de relevo, mapa geomorfológico.*



**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**2D005**– *No começo do trabalho o material cartográfico é importante e depois principalmente no fim do trabalho.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**2D005**–*Não.*

## **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – Para você as representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**2D005**– *Claro que pode, sem dúvidas, sim tranquilo, pode, pode claro. Mas depois tem que ter campo, isso é bom para trabalho de escritório. Muito bom.*

### **SUJEITO – 2D006**

## **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**2D006**– *Um perfil de solo desde a rocha alterada até o solo propriamente dito.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**2D006**–*1-Geologia (litologias); 2-Geomorfologia; 3-Drenagem.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**2D006**– *Sim eu uso. em análise geoambiental.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**2D006**– *Eu acho importante, mapa de solos, mapa de uso do solo, banco de dados, para que possa sempre estar atualizando, (...), cartas de formação superficial, carta de drenagem e levantamento fotogramétrico.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**2D006**– *Desde o início, meio (construindo a carta fim) e no final.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**2D006**–*Não.*

## **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – Para você as representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**2D006**– *Sim. Está ótimo, muito bom, contribui, da uma idéia melhor, porque assim, pois é assim por mais que a gente saiba que o escuro é no alto, o claro é no baixo, o 3D te chama mais a atenção, mas você percebe, (...), eu gosto de trabalhar com vários mapas juntos, (...), a gente tem que olhar o hipsométrico, a geologia, a drenagem,*

*a declividade, e o 3D te da essa coisa da geomorfologia, eu consigo ter uma idéia mais clara da geomorfologia através do 3D eu acho assim muito legal.*

## **SUJEITO - 3D001**

### **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**3D001**– *O perfil de solo.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**3D001**– *1-Relevo (Declividade); 2-Comprimento de Rampa; 3-Vegetação; 4-Água (Drenagem); 5-Posição no Relevo (Altitude).*

**O PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**3D001**– *Sim. Para análise ambiental.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**3D001**– *Topografia, Declividade, Imagem de Satélite, Fotografias Aéreas.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**3D001**– *Antes de ir para campo e no campo também.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**3D001**– *Sim. Lá deve ter latossolos, cambissolos, cambissolos latossólicos.*

### **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – Gostaria que você comparasse as representações em duas e em três dimensões.

**3D001**– *A Ikonos ajuda eu ver em 3D, para mim ajuda eu olhar em 3D, pois ai eu estou vendo duas informações, relevo e vegetação, a geologia eu (...), lógico tudo que você vê em 3D melhora bastante, mas não seria tão importante quanto eu ver a vegetação em 3D. Ter a opção de 3D ou não, eu sempre prefiro ver em 3D, mais uma informação no mesmo mapa. A altimetria eu prefiro ver em 3D, apesar de conseguir ter uma noção, vendo em 3D eu consigo ter uma idéia de rampa, a fotografia é a mesma informação da Ikonos, a declividade eu já prefiro ver impresso, me perco um pouco se vejo em 3D, a hipsometria também ajuda bastante, daí você consegue ver a declividade junto, mas sempre para visualizar, para rabiscar eu prefiro 2D, o comprimento de rampa ficou muito bom em 3D eu não uso muito, mas em 3D eu usaria mais.*

**JOÃO PAULO** – Para você as representações em três dimensões podem contribuir à Ciência do Solo?

**3D001**– *Pode com certeza, com certeza contribui bastante, principalmente porque você consegue ter uma idéia da tua área antes de você ir para o campo, consegue fazer um mapa de solos, delimitar unidades, definir áreas de coletas.*

**JOÃO PAULO** – As representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**3D001** – *Contribui bastante, eu particularmente uso sempre o 3D antes de ir para campo, para eu ter uma idéia da área. Quando você chega na área, você já conhece a área, porque você visualizou ela em 3D.*

#### **SUJEITO – 3D002**

##### **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**3D002**– *O perfil de solo.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**3D002**–*1-Formas de Relevo (Geomorfologia); 2-Rupturas de Declive (Declividade); 3-Litologia.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**3D002**–*Sim. Para o diagnóstico de erosão – Fragilidade, como fim e como meio e no cruzamento com outras variáveis.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**3D002**– *Carta de declividade, hipsometria, geologia.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**3D002**–*No começo (Planejamento) e no final.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**3D002**– *Sim. Lá deve ter cambissolo, latossolo e gleissolo.*

##### **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – As representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**3D002**– *Se a gente tiver as duas possibilidades, em papel ou em meio digital, eu acho que a 3D vai ser sempre melhor, para fazer a análise. Embora eu acho que seja perfeitamente possível trabalhar com 2D, não deve nada, mas eu acho que a 3D, como a gente sempre pensa nessa relação solo-relevo, a 3D já diretamente te dá esta idéia, porque aqui você tem uma visão mais chapada, então você tem que imaginar, é claro que quanto mais experiência as pessoas têm, eu me considero um pouco já com experiência nesse tipo de trabalho, eu acho que menos importante vai ser essa diferença, agora quanto menos experiência eu acho que a 3D te dá de imediato uma informação que a pessoa não precisa imaginar o relevo.*

#### **SUJEITO – 3D003**

##### **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**3D003**– *O perfil de solo.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**3D003**–*1-Toposseqüência; 2-Declividade; 3-Cobertura e uso da terra; 4-Orientação.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**3D003**–*Sim. Para o estudo do uso da terra e distribuição da biocenose.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**3D003**–*O mapa topográfico, outro seria o mapa geológico, quando existente, a carta geomorfológica.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**3D003**– *Uso mapa em todo o levantamento.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**3D003**– *Sim. Na canguiri teria latossolo, solo laterítico, tem o brunozem, por paisagem tem solos aluviais, gleissolos, solos orgânicos, nas encostas ainda teriam ocorrências de cambissolos.*

## **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – As representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**3D003**–*Com certeza pode ajudar. Hipsometria, curvas de nível, tanto faz, 3D ou 2D, agora nas imagens e geologia permite estabelecer relações entre morfologia e estruturas geológicas, mapa temático em 3D ajudaria bastante, a discutir limites, então acho assim, de um modo geral, você sempre tem vantagens, (...).*

## **SUJEITO – 3D004**

### **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**3D004**– *A base da sustentação humana, a sobrevivência humana.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**3D004**–*1-Capacidade de Campo; 2-Ponto de Murcha; 3-Densidade do Solo; 4-Profundidade Efetiva do Sistema Radicular; 5-Granulometria do solo.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**3D004**–*Sim em diversos trabalhos.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**3D004**–*Imagens de Satélite e Mapas Temáticos.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**3D004**–*No planejamento do levantamento de solos.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**3D004**—*Não.*

## **ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D**

**JOÃO PAULO** – Gostaria que você comparasse as representações em duas e em três dimensões.

**3D004**—*O comprimento de rampa é mais tranquilo, esse aqui me diz muito pouco (aspecto), a hipsometria, o comprimento de rampa, da uma idéia melhor, dependendo da pessoa que usa pode dar ilusão de óptica, pode ser que se inverta as ordens (...).*

**3D004**—*A imagem é assim, vendo no papel, ver no papel é mais fácil que no computador, por exemplo aqui eu consigo localizar a sede, consigo identificar com mais tranquilidade (...).*

**3D004**—*A imagem facilita mais, no papel, melhor, a imagem ikonos também tem a mesma característica da outra. A altimetria, nessa a diferença é muito grande. Eu vejo assim o computador, o tamanho da tela limita o tamanho da imagem, é mais difícil do que ver no papel, no papel você vê detalhes que você não vê na tela. Todavia em contrapartida, essa possibilidade de você virar a imagem, vê a altitude, você intensificar essa altitude, você juntar com outras coisas isso traz recursos ilimitados, mas algumas coisas o computador não substitui, ficou bem claro que eu tive dificuldades para achar algumas coisas no computador, a imagem é a mesma, mas tem uma diferença de tamanho de você olhar, por a mão. Eu sempre penso assim, nenhuma tecnologia pode matar a outra, elas se complementam.*

## **SUJEITO – 3D005**

### **ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO**

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**3D005**—*O perfil de solo.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**3D005**—*1-Relevo; 2-Substrato Rochoso (Geologia); 3-Hidrografia; 4-Cobertura Vegetal; 5-Clima.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**3D005**—*Sim. Em sala de aula e na pesquisa.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**3D005**—*Mapas de solos, imagem de satélite e fotografias aéreas.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**3D005**—*Na fase de reconhecimento, coleta de material na primeira fase.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**3D005**—*Não.*

## ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D

**JOÃO PAULO** – As representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**3D005**– *Sim, aliás para mim o 3D me dá uma noção de profundidade melhor, nós temos o hábito de usar o papel, então tudo que você muda existe uma certa resistência, só que assim para algumas coisas eu prefiro o papel, algumas coisas você não abandona, você não abandona o campo, não abandona algumas ferramentas analógicas, eu acho que o digital vem para auxiliar, mas se eu não tiver o papel ele atende, mas se eu tiver os dois, tipo assim, a hipsometria e a declividade facilitou, mas a fotografia aérea e a imagem eu prefiro no papel. Mas por exemplo no 3D eu vi a profundidade que eu não consigo ver no papel, por exemplo a declividade ficou fantástico, para o geológico, a hipsometria eu não vi tanta diferença, mas para a declividade eu vi. Eu acho que um complementa o outro mesmo.*

### SUJEITO – 3D006

## ETAPA I – CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO

**JOÃO PAULO** - Quando se fala em solo o que você imagina?

**3D006**–*A imagem que vem é de suporte e sistema, suporte por conta dos usos, e sistema porque é a forma de como ele funciona.*

**JOÃO PAULO** – Quais variáveis espaciais podem ser consideradas fundamentais para a caracterização de um solo?

**3D006**– *1-Relevo; 2-Geologia; 3-Vegetação Espontânea; 4-Clima; 5-Uso.*

**JOÃO PAULO** – Você usa ou usou mapa de solos ou mapa de aptidão para uso agrícola na análise de algum fenômeno espacial? Se sim, cite exemplos.

**3D006**– *Uso o mapa de solo sim, em diversas aplicações, tanto na engenharia quanto na geografia.*

**JOÃO PAULO** - Quais os produtos cartográficos você utiliza em um levantamento de solos?

**3D006**– *O mapa geomorfológico, o geológico e o topográfico.*

**JOÃO PAULO** - Em quais fases do levantamento de solos você utiliza produtos cartográficos?

**3D006**–*Na fase preliminar para orientar o trabalho de campo.*

**JOÃO PAULO** - Você conhece as características pedológicas da Fazenda Experimental Canguiri, localizada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba? Se sim as descreva.

**3D006**–*Não.*

## ETAPA V – COMPARAÇÃO ENTRE AS REPRESENTAÇÕES 2D VERSUS AS 3D

**JOÃO PAULO** – Gostaria que você comparasse as representações em duas e em três dimensões.

**3D006**– *Gostei, que bacana, isso gira, eu quero ver do outro lado, essa declividade, está melhor, eu estou achando fantástico, você consegue ter uma idéia do relevo, aqui uma ruptura côncava, você consegue visualizar muito melhor, olha aqui todo esse setor, aqui côncava, aqui convexa, nossa bem interessante, to amando, nossa mas que legal.*

**3D006**– *Bem interessante mesmo, aqui você vai ter capacidade de uso iguais para solo diferentes, muito interessante. Essas cores, esse degrade da Deise, é realmente interessante essa visão em 3D olha o fundo chato, muito legal.*

**JOÃO PAULO** – As representações em três dimensões podem contribuir à fase de planejamento do levantamento de solo?

**3D006**– *analisando os mapas 2D modificou um latossolo, sim porque o 3D te dá a visualização do relevo, é uma concretização do relevo que acaba ajudando, nessa fase de planejamento colabora, o que dificulta um pouco é você não conhecer a área, pois se você conhece a área e tem esse instrumental, você fecha o mapeamento de solos com muito mais tranquilidade.*

---

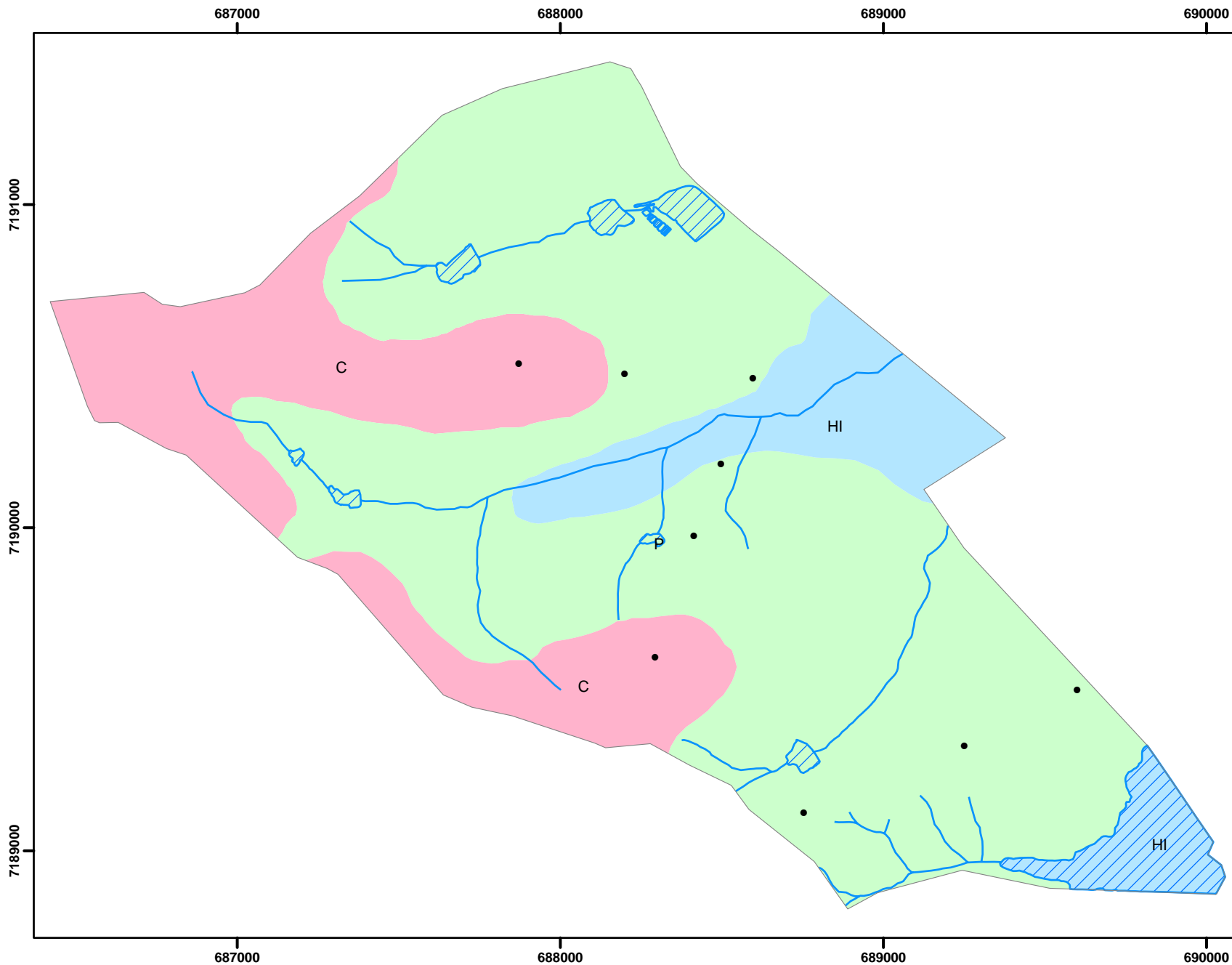
### **APÊNDICE L - Etapa III: Mapas das respostas dos sujeitos**

Os mapas elaborados pelos sujeitos na etapa III, contendo as atividades das tarefas 1 e 2, foram digitalizados e os resultados podem ser observados nos doze mapas (um para cada sujeito) presentes nesse apêndice.

Ressalta-se que o sujeito 2D003 não cumpriu a tarefa 2, por isso seu mapa só tem os perfis identificados. O sujeito 2D004, por sua vez, não cumpriu a tarefa 1, por isso seu mapa contém apenas os limites de solos delimitados. Os demais sujeitos cumpriram ambas as tarefas.





# Etapa III - Sujeito 2D001



## Legenda

### Hidrografia

-  Cursos d' Água
-  Represas e Lagoas

### Tarefas

-  Perfis

### Classes de Solo

-  Cambissolo
-  Hidromórfico
-  Podzol



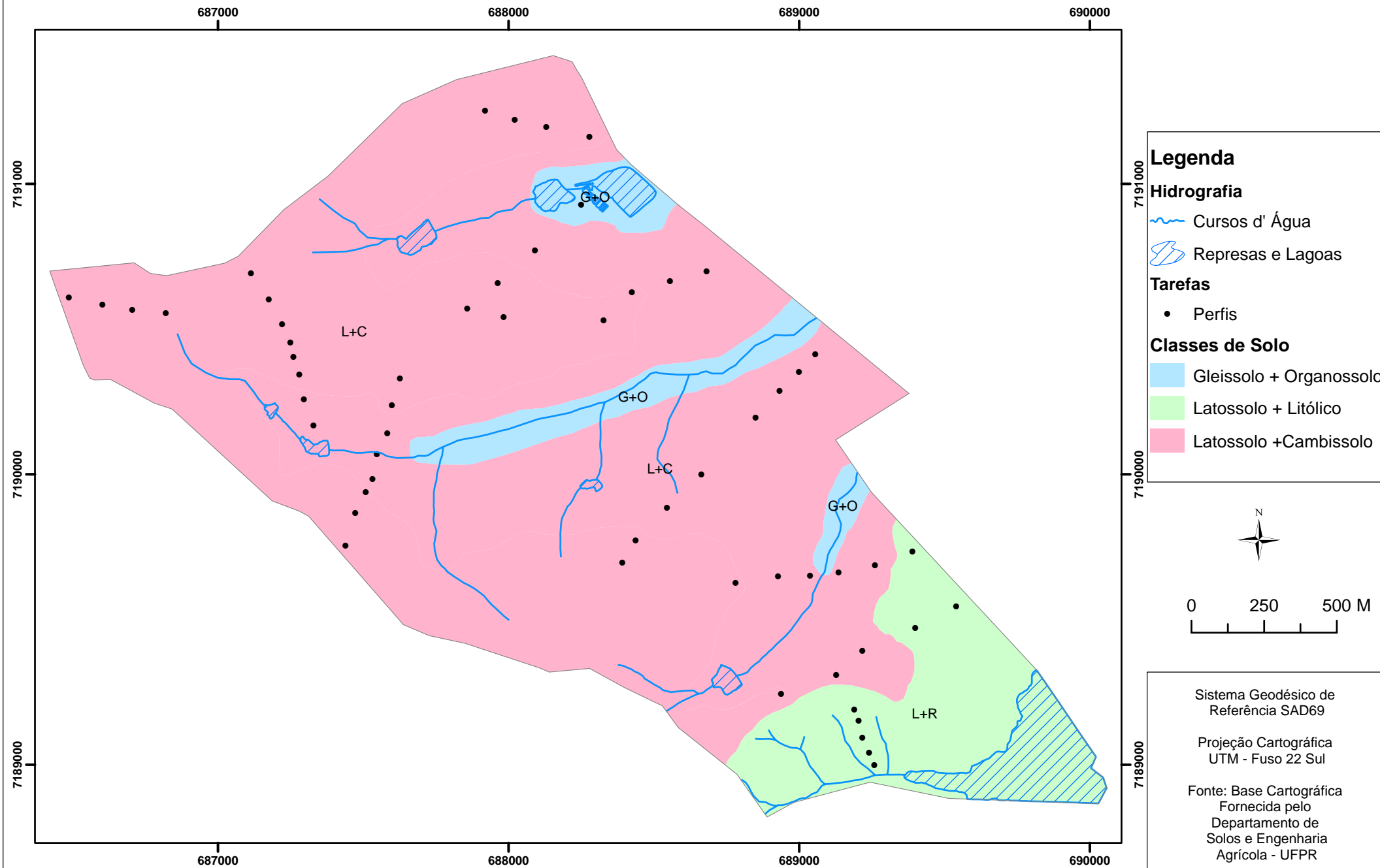
0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

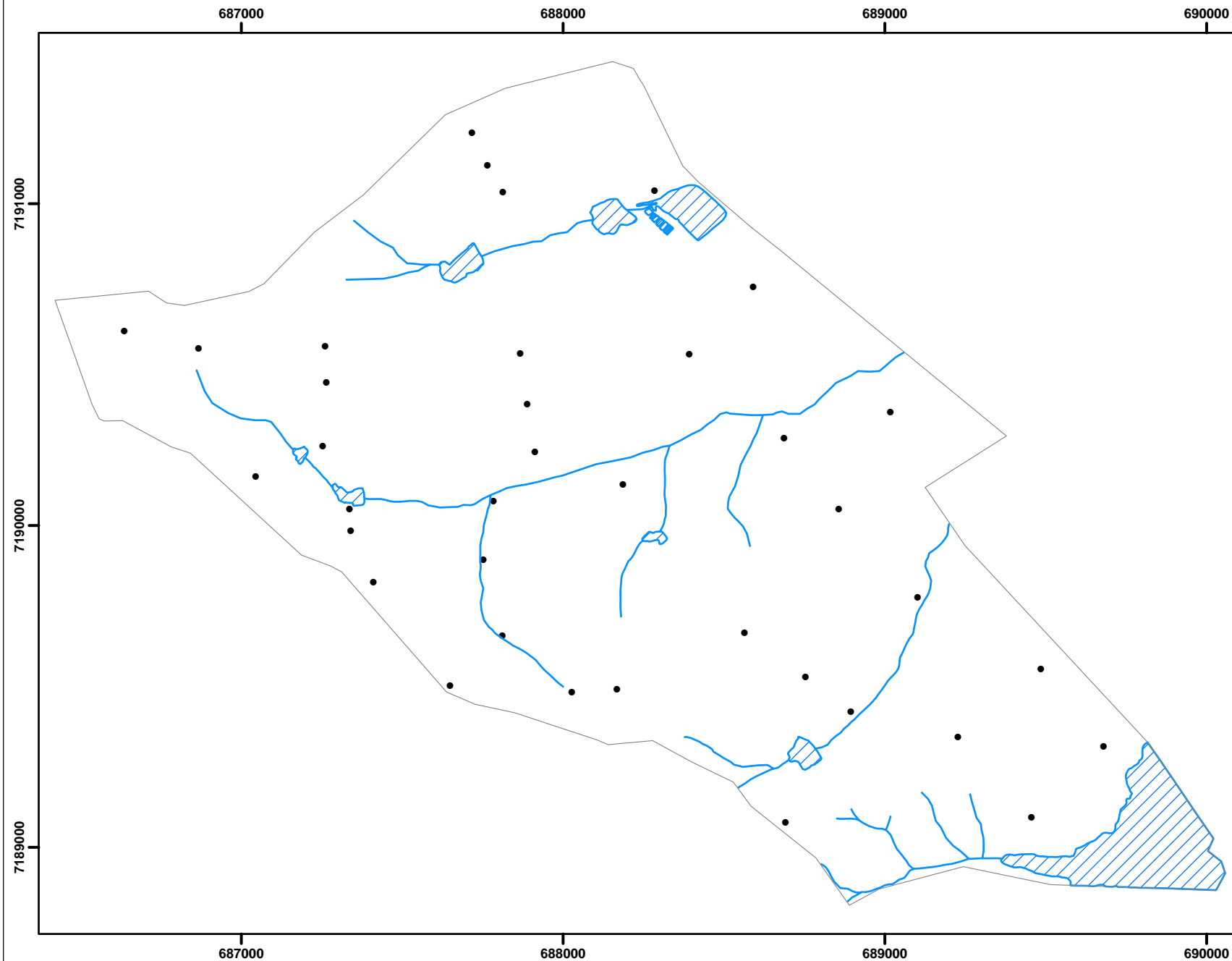
Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

# Etapa III - Sujeito 2D002





### Etapa III - Sujeito 2D003



#### Legenda

##### Hidrografia

-  Cursos d' Água
-  Represas e Lagoas

##### Tarefas

-  Perfis



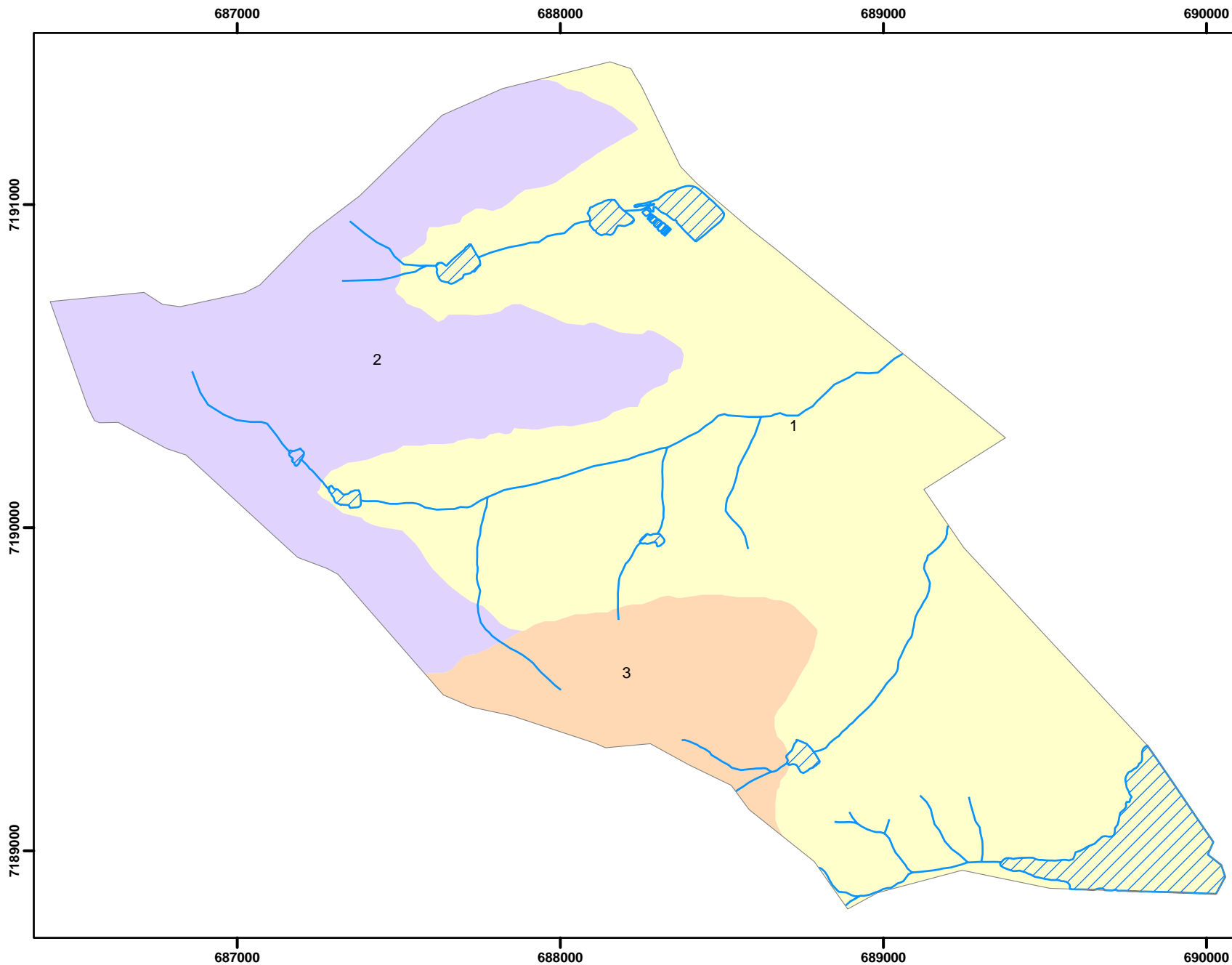
0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul



Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

# Etapa III - Sujeito 2D004



## Legenda

### Hidrografia

-  Cursos d' Água
-  Represas e Lagoas

### Tarefas

-  Classe 1
-  Classe 2
-  Classe 3



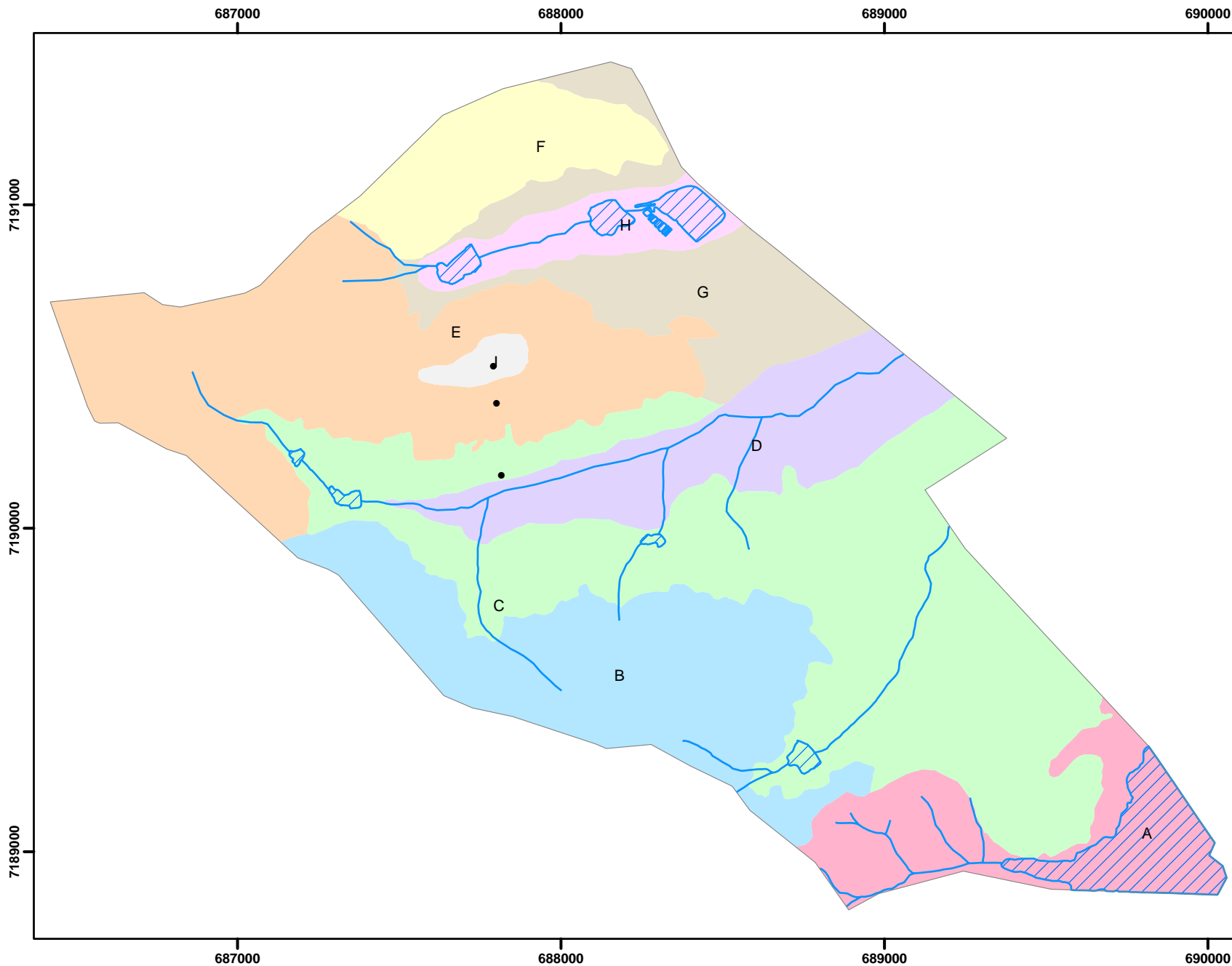
0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

# Etapa III - Sujeito 2D005



## Legenda

### Hidrografia

- Cursos d' Água
- Represas e Lagoas

### Classes de Solo

- Classe A
- Classe B
- Classe C
- Classe D
- Classe E
- Classe F
- Classe G
- Classe H
- Classe I



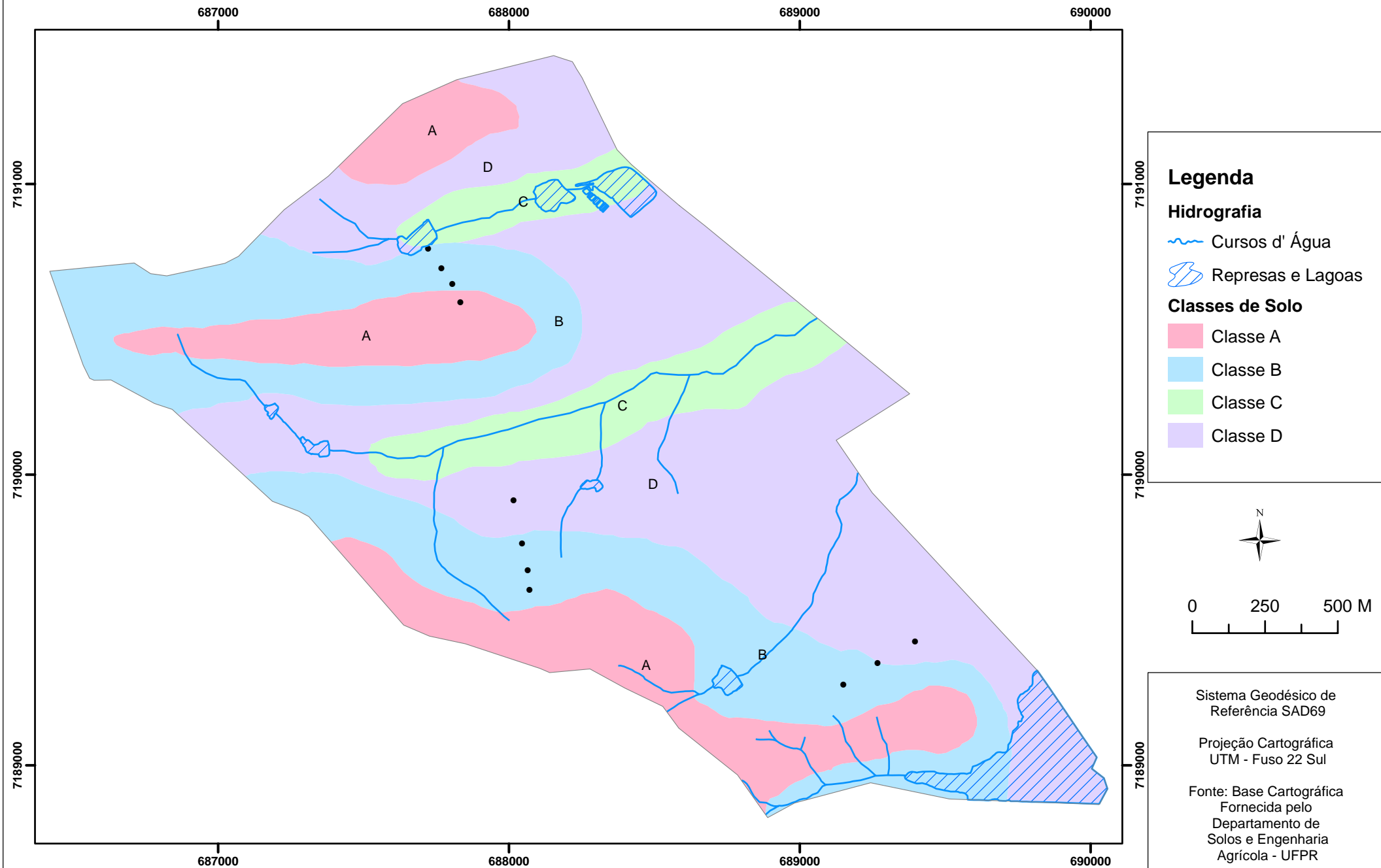
0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

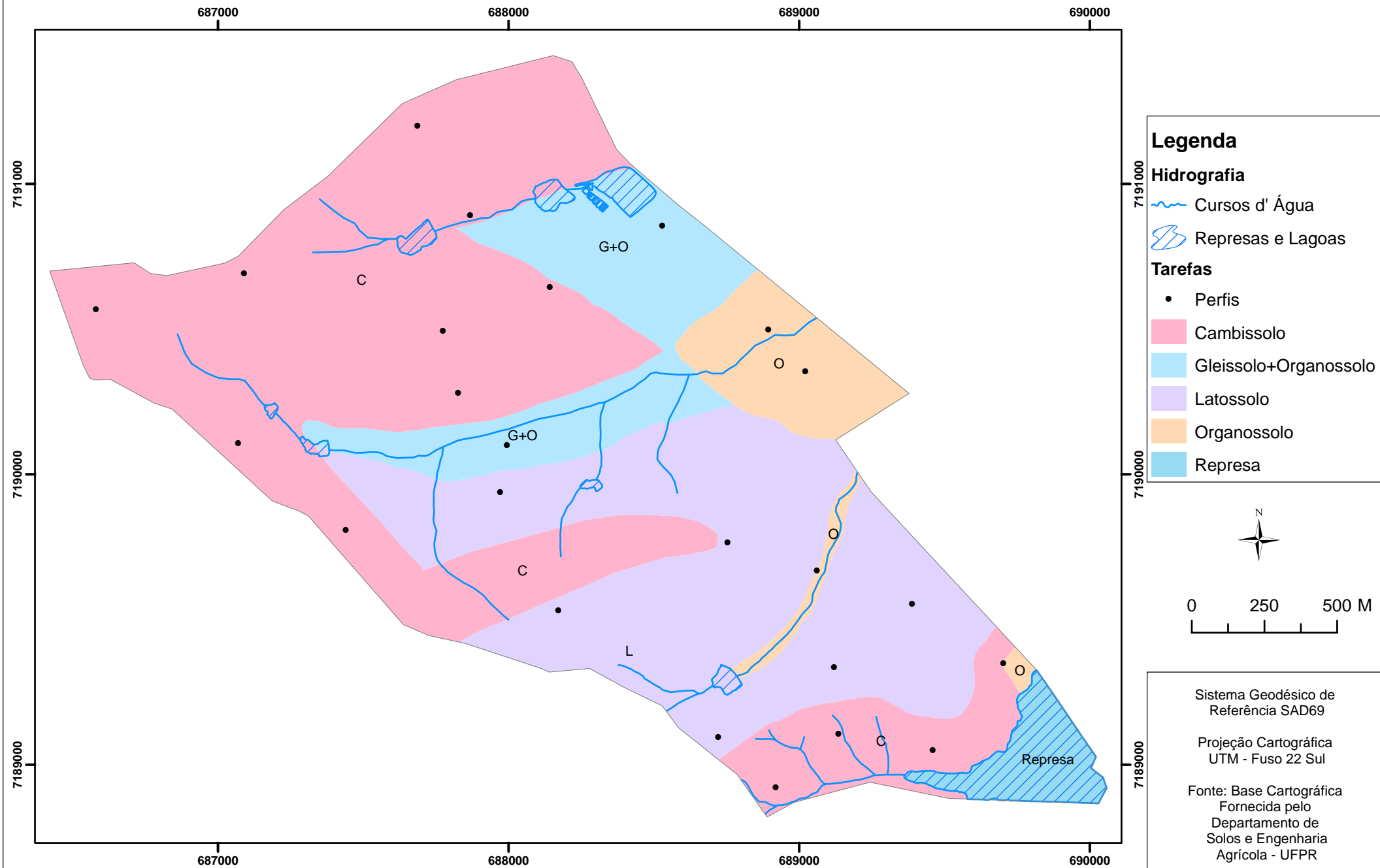
Projeção Cartográfica UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica Fornecida pelo Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - UFPR

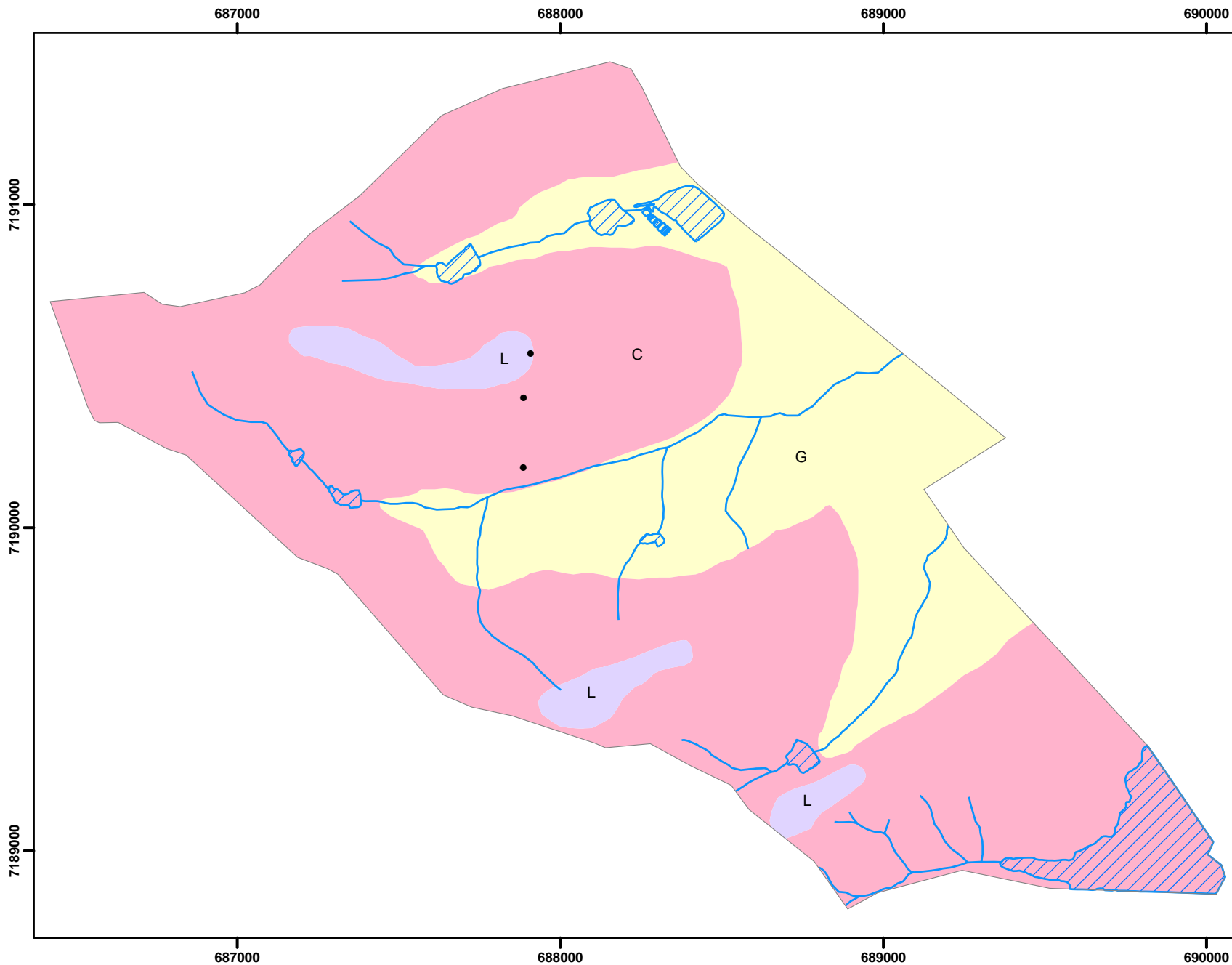
# Etapa III - Sujeito 2D006



# Etapa III - Sujeito 3D001



# Etapa III - Sujeito 3D002



## Legenda

### Hidrografia

- Cursos d' Água
- Represas e Lagoas

### Tarefas

- Tarefas

### Classes de Solo

- Cambissolo
- Gleissolo
- Latossolo



0 250 500 M

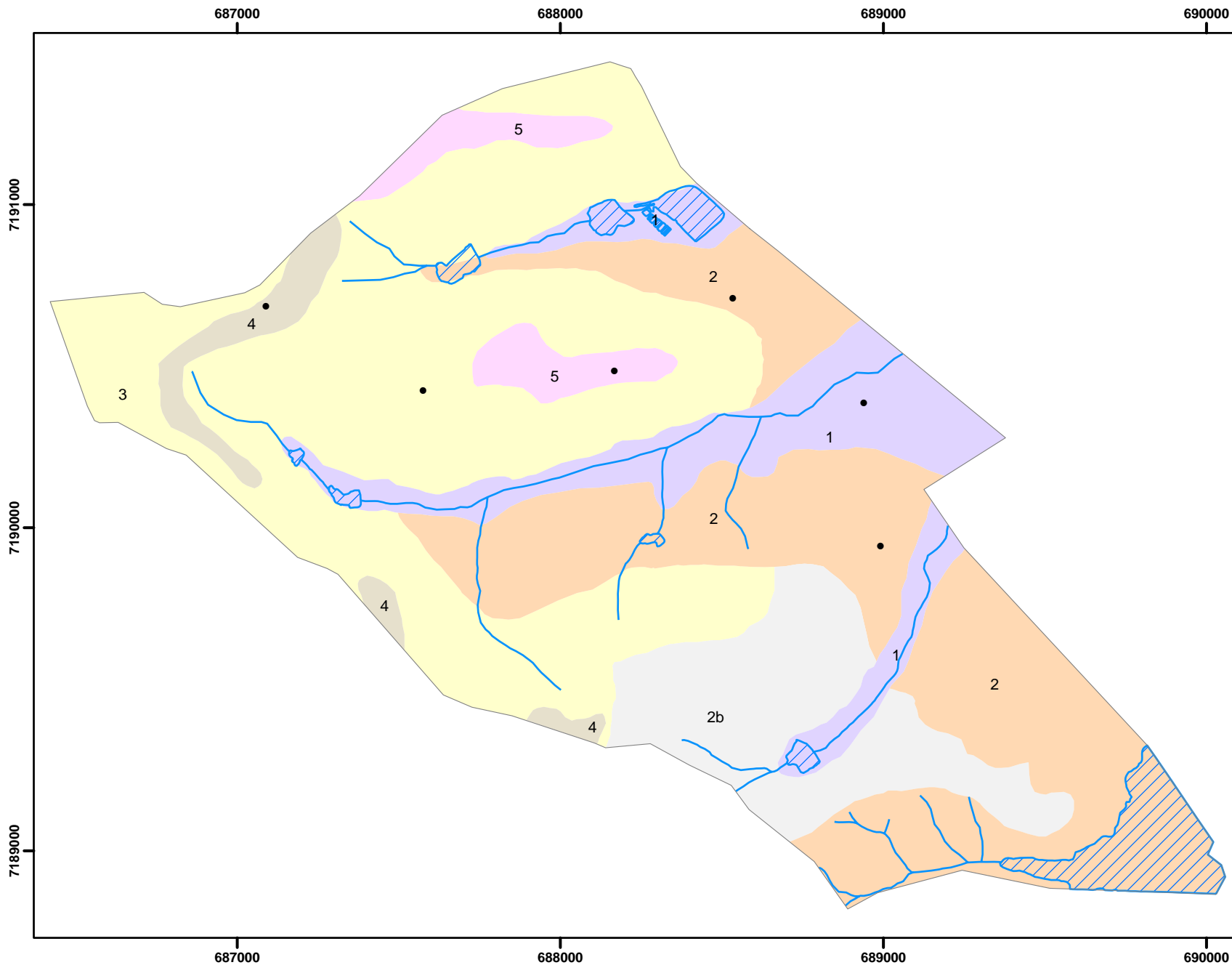
Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica Fornecida pelo Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - UFPR



# Etapa III - Sujeito 3D003



## Legenda

### Hidrografia

- Cursos d' Água
- Represas e Lagoas

### Tarefas

- Perfis

### Classes de Solo

- Classe 1
- Classe 2
- Classe 2b
- Classe 3
- Classe 4
- Classe 5



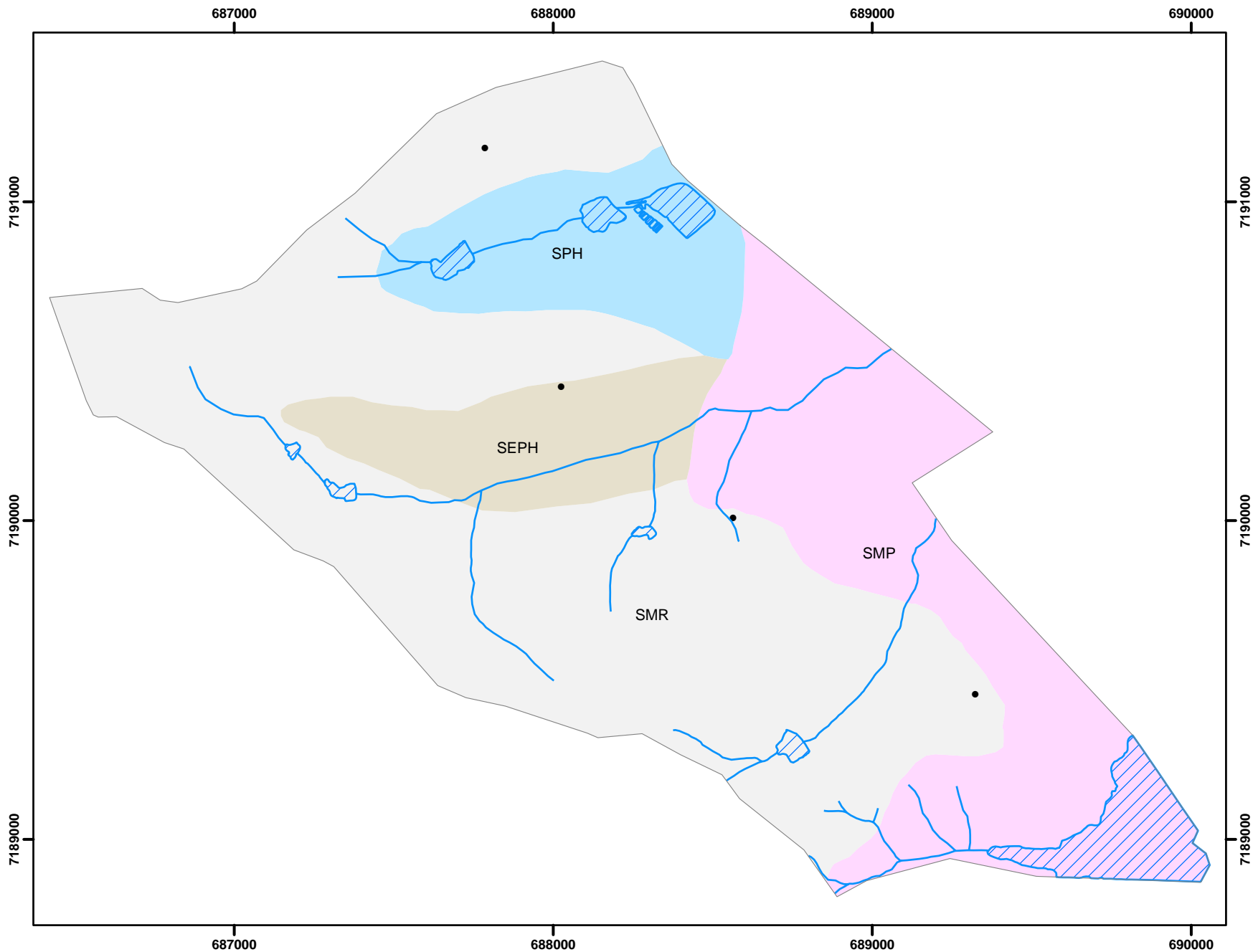
0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica Fornecida pelo Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - UFPR

# Etapa III - Sujeito 3D004



## Legenda

### Hidrografia

- Cursos d' Água
- Represas e Lagoas

### Tarefas

- Perfis

### Classes de Solo

- Solo Exposto e com Problemas Hídricos
- Solo com Problemas Hídricos
- Solo mais Profundo
- Solos mais Rasos



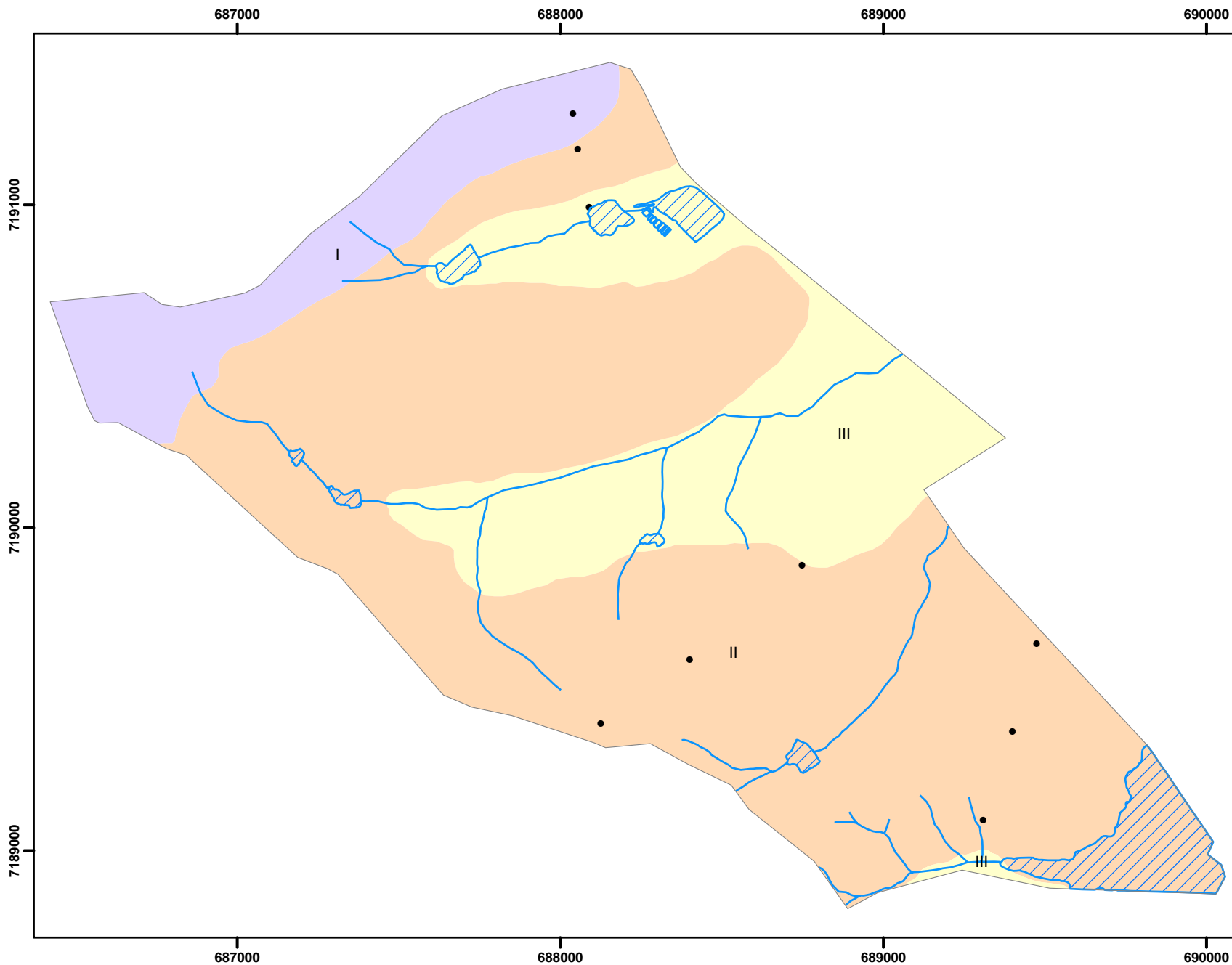
0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

# Etapa III - Sujeito 3D005



## Legenda

### Hidrografia

- Cursos d' Água
- Represas e Lagoas

### Tarefas

- Perfis

### Classes de Solo

- Classe I
- Classe II
- Classe III



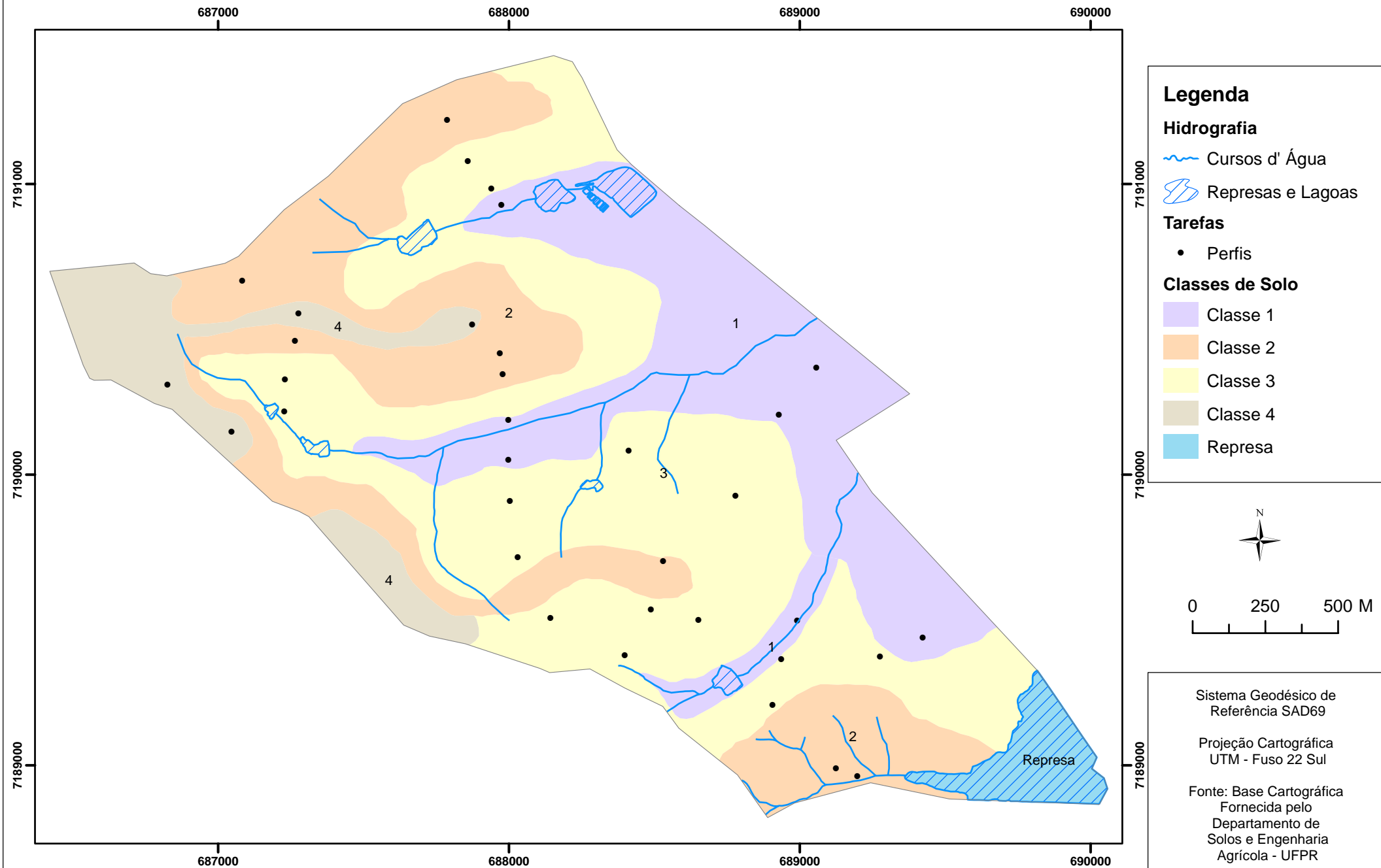
0 250 500 M

Sistema Geodésico de Referência SAD69

Projeção Cartográfica UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica Fornecida pelo Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - UFPR

# Etapa III - Sujeito 3D006

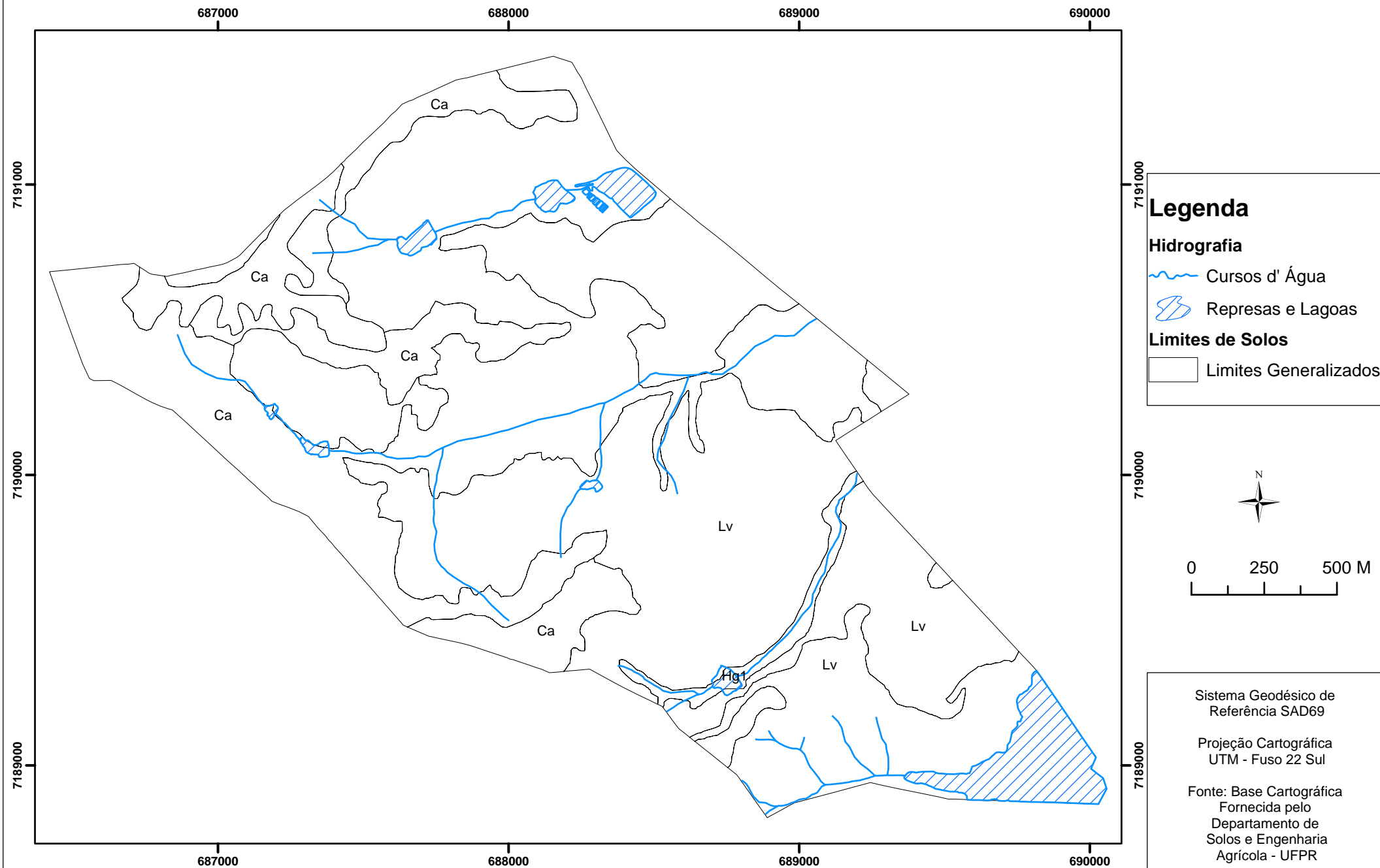


## **APÊNDICE M - Etapa IV: Mapas das respostas dos sujeitos**

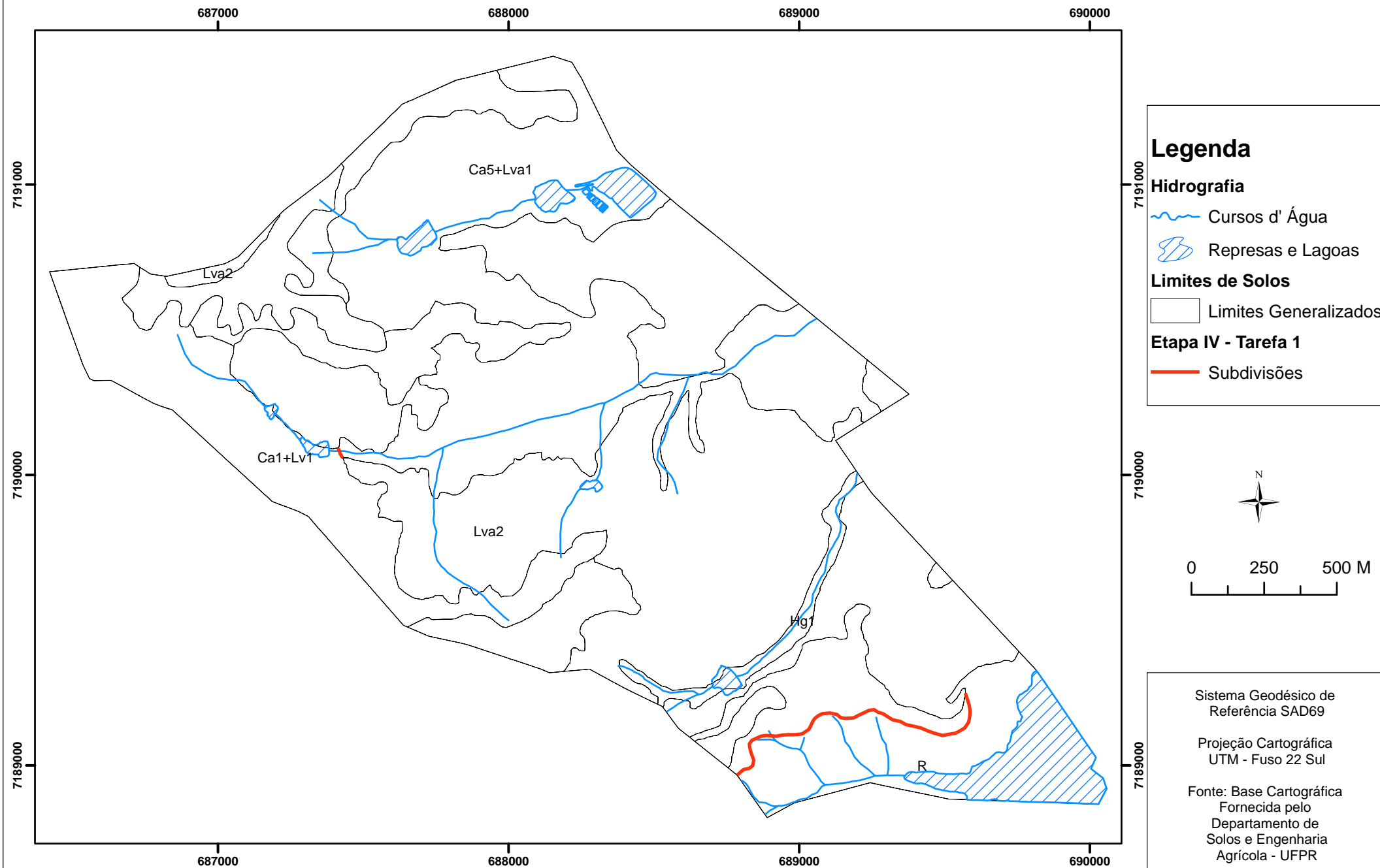
Os mapas elaborados pelos sujeitos na etapa IV, contendo as atividades das tarefas 1 e 2, foram digitalizados e os resultados podem ser observados nos mapas desse apêndice.

Ressalta-se que os sujeitos 2D003 e 2D004 se recusaram a cumprir esta etapa, portanto, não existem os respectivos mapas, quanto aos demais sujeitos, alguns não chegaram a subdividir os limites de solos generalizados, somente nomearam as regiões sobre o mapa.

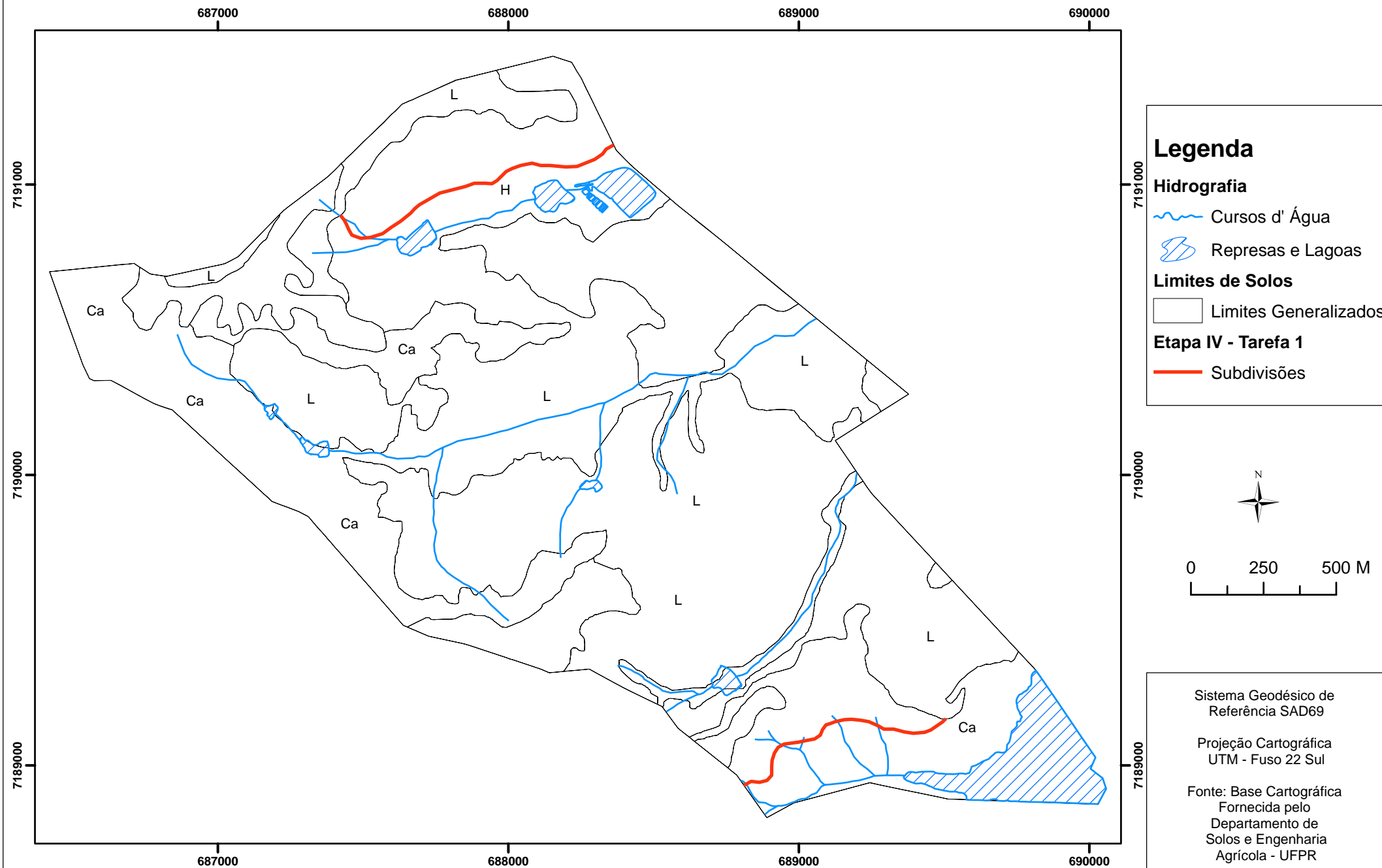
## Etapa IV - Sujeito 2D001



## Etapa IV - Sujeito 2D002

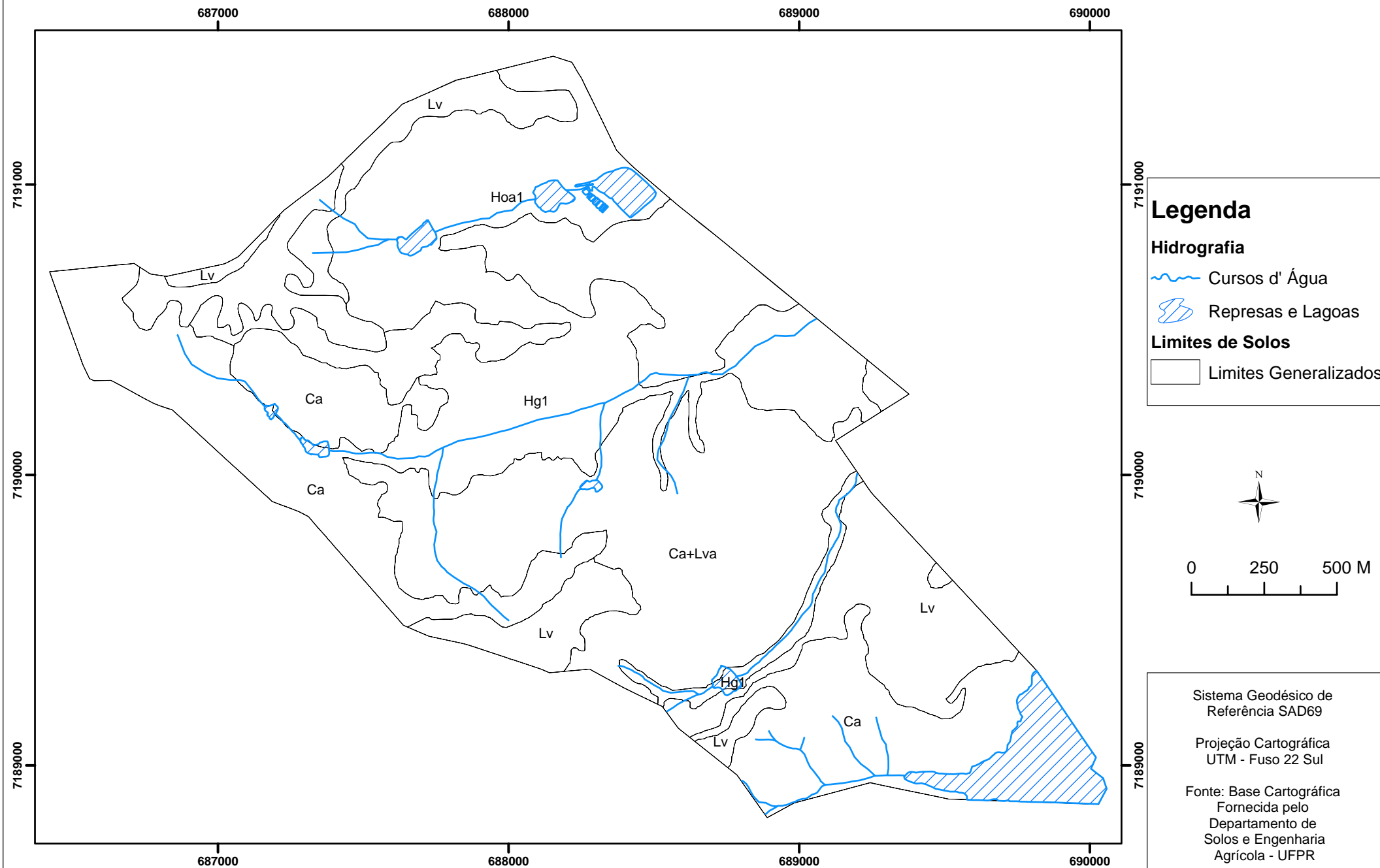


## Etapa IV - Sujeito 2D005

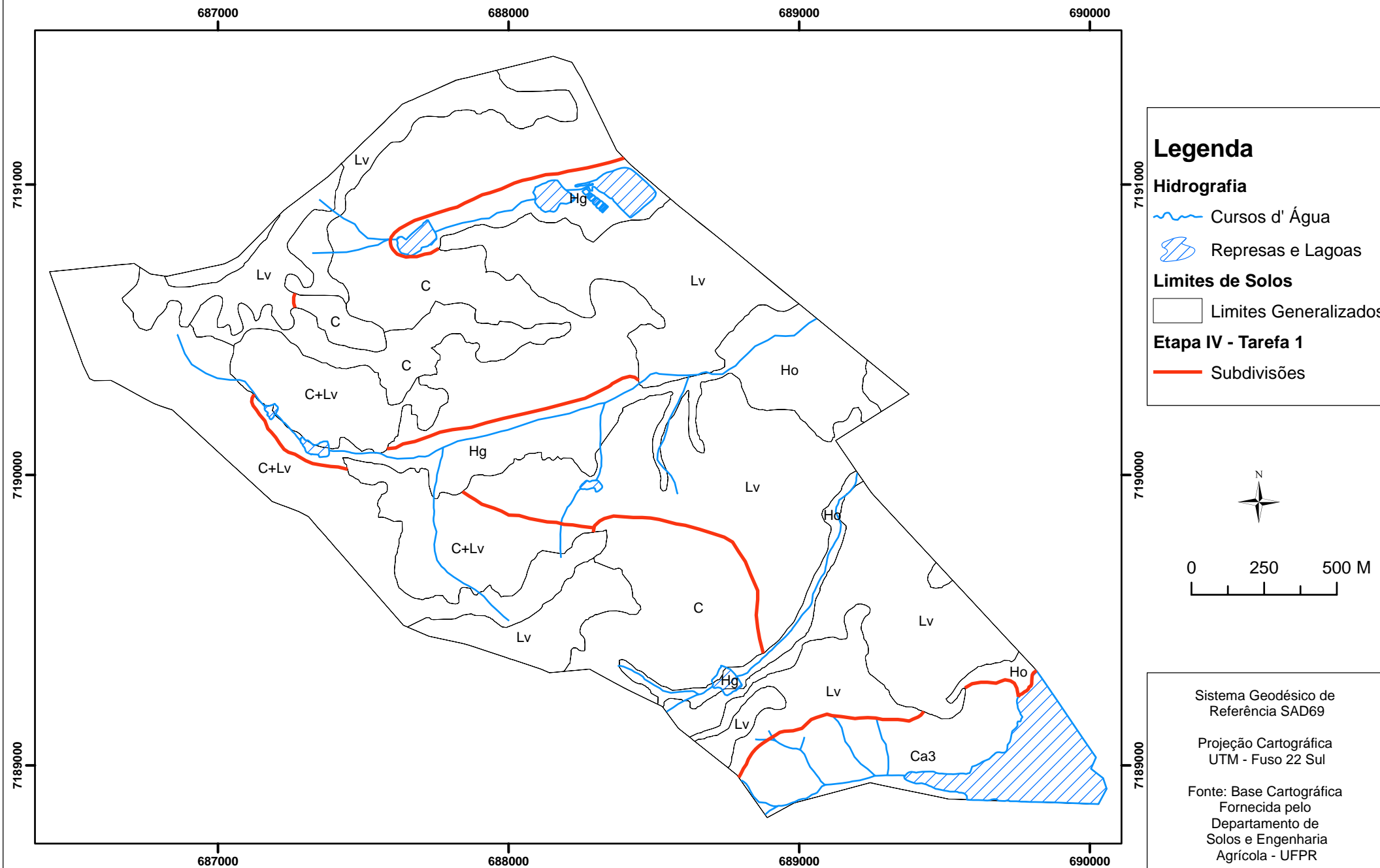




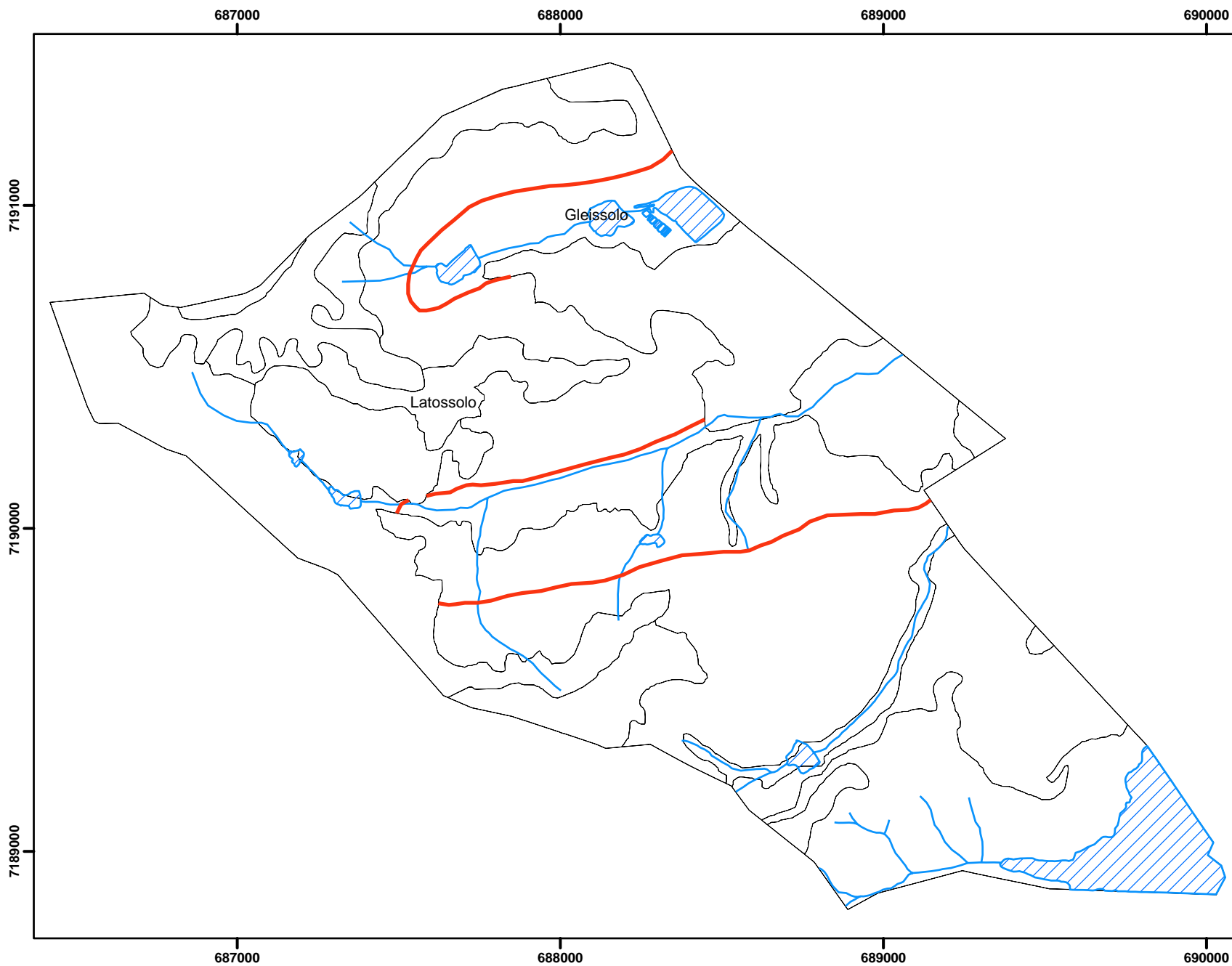
## Etapa IV - Sujeito 2D006



## Etapa IV - Sujeito 3D001




## Etapa IV - Sujeito 3D002



### Legenda

#### Hidrografia

 Cursos d' Água

 Represas e Lagoas

#### Limites de Solos

 Limites Generalizados

#### Etapa IV - Tarefa 1

 Subdivisões



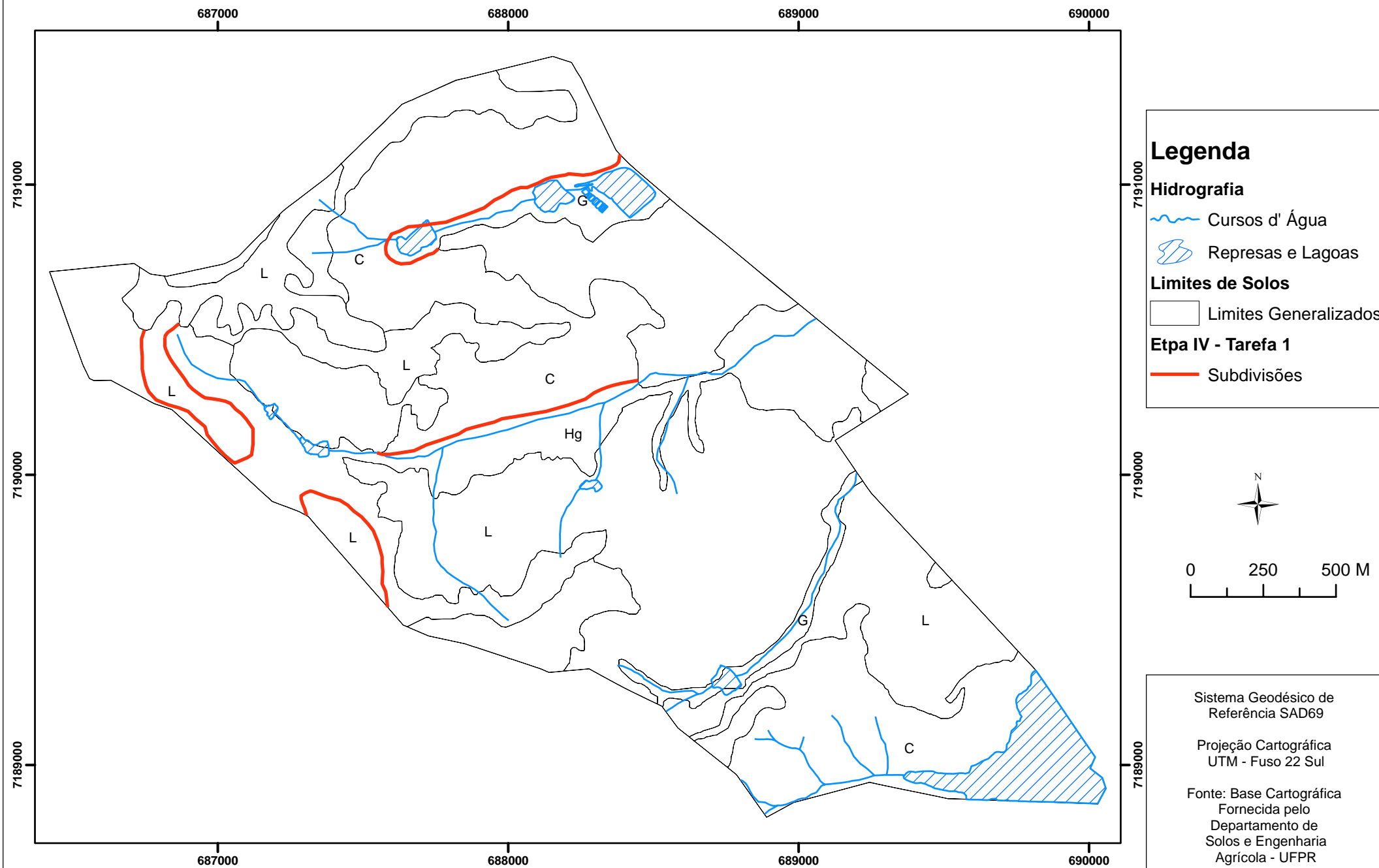
0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

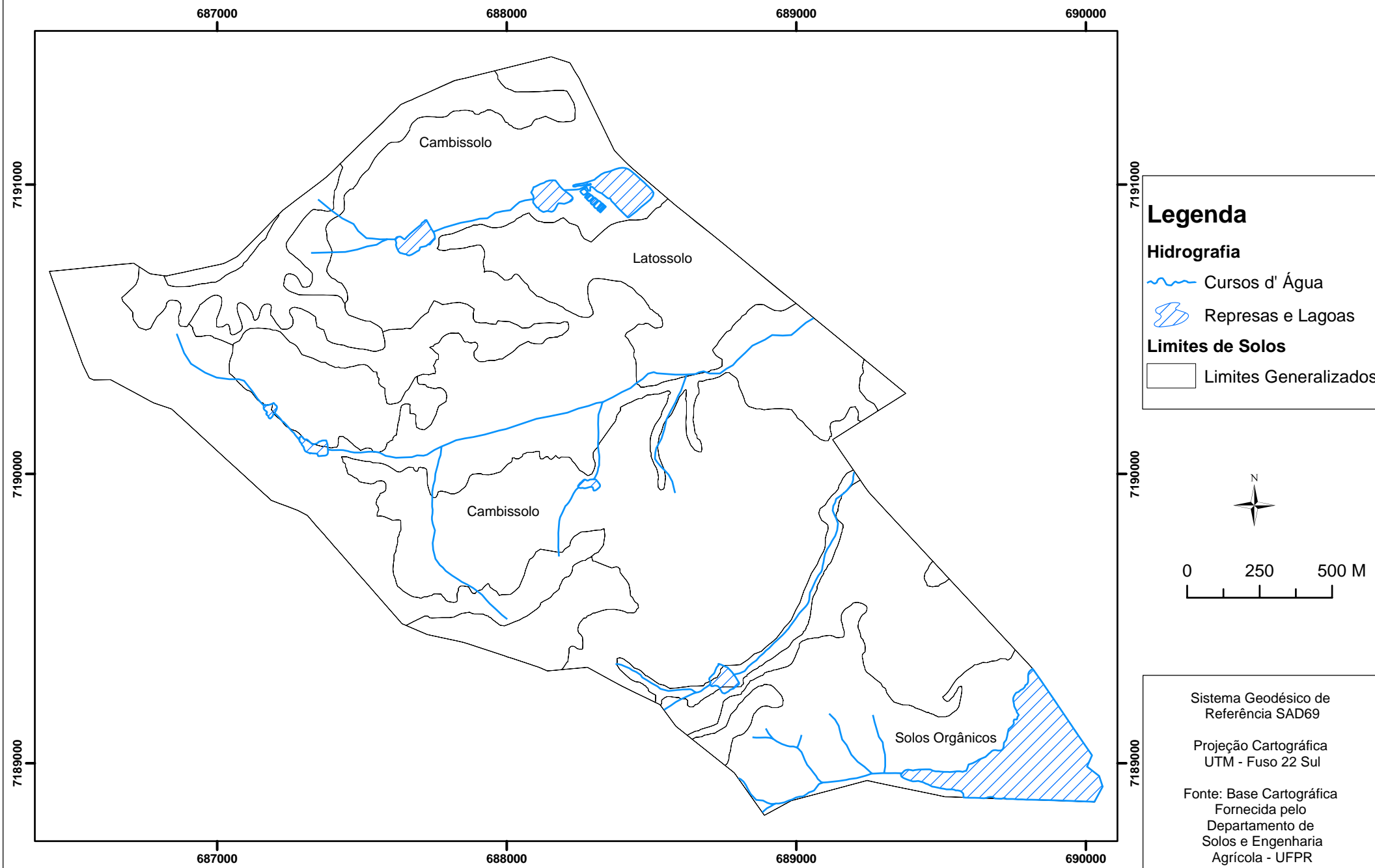
Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

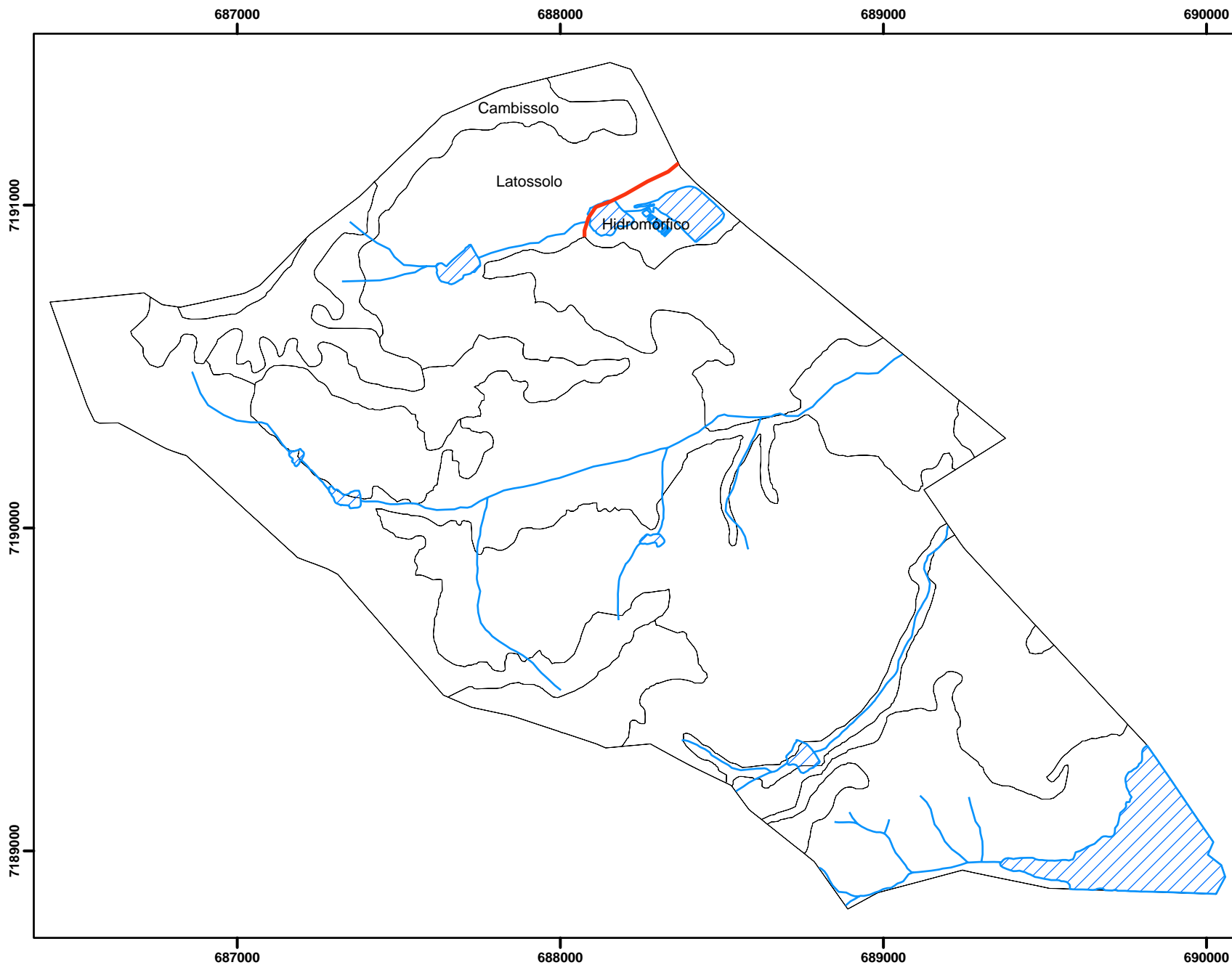
## Etapa IV - Sujeito 3D003



## Etapa IV - Sujeito 3D004




## Etapa IV - Sujeito 3D005



### Legenda

#### Hidrografia

 Cursos d' Água

 Represas e Lagoas

#### Limites de Solos

 Limites Generalizados

#### Etapa IV - Tarefa 1

 Subdivisão



0 250 500 M

Sistema Geodésico de  
Referência SAD69

Projeção Cartográfica  
UTM - Fuso 22 Sul

Fonte: Base Cartográfica  
Fornecida pelo  
Departamento de  
Solos e Engenharia  
Agrícola - UFPR

## Etapa IV - Sujeito 3D006

